



# El papel del consumidor y de la gestión de la demanda en la Transición Energética

El rol de los nuevos consumidores energéticos,  
su papel en la gestión de la demanda y el  
impacto en la transición energética



Este informe ha sido realizado por PwC España, conforme a la petición realizada por la Fundación Naturgy, con la finalidad de realizar un análisis del rol de los nuevos consumidores energéticos, su papel en la gestión de la demanda y el impacto en la transición energética



# Índice de contenido

---

Resumen ejecutivo

04

---

Glosario de términos

10

---

Introducción al estudio

16

---

I. El nuevo consumidor energético

20

---

II. Aspectos aceleradores de la  
transformación del consumidor y  
nuevos modelos de negocio

28

---

III. Impacto de la participación de  
los nuevos consumidores en los  
mercados de energía

68

---

Conclusiones

74



# Resumen ejecutivo

La transición energética es una realidad a nivel mundial que debe afrontarse de manera urgente para poder alcanzar los objetivos de emisiones cero planteados a nivel local y global y garantizar, de la misma manera, un impacto neutro en el medioambiente. Esta transición presenta el principal reto de ser capaz de integrar de manera absoluta las energías renovables y otras tecnologías limpias en el sector energético al mismo tiempo que tiene que garantizar la estabilidad de la red y el suministro energético.

Para poder asumir este reto, es importante introducir el concepto de flexibilidad que, según la Agencia Internacional de las Energías Renovables, (conocida como IRENA, por sus siglas en inglés), se define como “la capacidad de un sistema de energía para hacer frente a la variabilidad y la incertidumbre que introducen la energía solar y eólica en diferentes escalas de tiempo, desde el muy corto hasta el largo plazo, minimizando los vertidos de estas fuentes de energía renovable variable (ERV) y suministrando de manera confiable toda la demanda de energía de los clientes”. En este sentido, entendiendo la flexibilidad como una herramienta para la transición energética, esta puede aplicar tanto al lado de la generación como al lado de la demanda.

Como el ámbito de la flexibilidad por el lado de la generación es algo más maduro, este informe pone un foco especial en su análisis desde el lado de la demanda. De esta manera, como este tipo de flexibilidad depende de las capacidades del sistema energético de controlar y gestionar esta demanda según sus necesidades, es evidente que el consumidor final va a ser un agente clave a tener en cuenta en esta gestión.

Al mismo tiempo que el sector energético le está dando un papel relevante a la gestión de la demanda en la transición energética, es el propio consumidor el que está adquiriendo una nueva conciencia energética que se está traduciendo en nuevos hábitos y patrones de consumo. Esta evolución viene marcada, especialmente, por un entorno muy dinámico en el que se identifican una serie de factores aceleradores de estos cambios:



**1. Sensibilidad ambiental:** Está emergiendo un tipo de consumidor comprometido con la conservación del entorno que tiene en cuenta el impacto de sus hábitos de consumo y quiere responsabilizarse de su impacto en el medioambiente.

**2. Coste de la energía:** El encarecimiento de los costes energéticos, la repercusión en los medios de comunicación y su efecto directo en la factura de los consumidores se ha traducido en una mayor preocupación sobre qué puede hacer para no verse impactado por este aumento de precio.

**3. Nuevas tecnologías y modelos de negocio:** La aparición de nuevas tecnologías se convierte en una palanca imprescindible a la hora de habilitar nuevas capacidades que permitan flexibilizar la demanda de los consumidores.

Ante este contexto, el consumidor demanda disponer de información y transparencia en cuanto a su consumo energético con el objetivo de disponer de un mayor control y poder de gestión sobre este. De esta manera, la aparición de este nuevo perfil de consumidor y su deseo de tener una participación más activa en el sector energético lo convierte en un nuevo agente que debe tenerse en consideración en la toma de decisiones sobre la transición energética.

Hasta el momento, aunque se ha tratado de un importante eslabón en la cadena energética, ya que es el usuario final de la energía (tanto a nivel industrial como comercial o doméstico), no ha sido partícipe activo en esta toma de decisiones. Ahora, surge el deseo del “empoderamiento” del consumidor en cuanto al papel que puede tomar sobre el uso y el mercado de la energía. En consecuencia, el consumidor se va a reubicar en el centro de la transición energética, tal y como indicaban las principales directivas europeas como el “Paquete de Invierno” de la Comisión Europea.

Actualmente el consumidor energético es un consumidor más inquieto, proactivo y con mejor información y conocimientos sobre el sector que plantea sus actuaciones respondiendo a tres inquietudes básicas que guían sus comportamientos:

1. **Qué capacidad tiene para producir su propia energía renovable.** El consumidor quiere ser su propio productor energético para asegurar tanto una generación renovable como ser menos dependiente del sistema tradicional energético.
2. **Cómo puede gestionar su energía de manera eficiente e inteligente.** El consumidor, además, quiere gestionar esa energía autoproducida con fuentes renovables y tener un control total sobre su producción y su consumo.
3. **Cómo puede reducir el coste de su consumo y participar en la gestión de la demanda.** El consumidor quiere conocer las opciones que tiene a la hora de reducir sus costes energéticos ya sea variando sus patrones de consumo o siendo partícipe de los sistemas de intercambio de energía.

Por lo tanto, los nuevos hábitos e inquietudes del consumidor son los que, de manera natural, le van a hacer partícipe de la flexibilización de la demanda. Si a esto se le suma la inclusión de nuevas tecnologías o herramientas al alcance del ecosistema energético o la electrificación de determinados usos energéticos, en su conjunto, están provocando cambios en los patrones de la demanda que, aunque aporten variabilidad al sistema, suponen en definitiva una mayor flexibilización de la misma. En este sentido, son varias las herramientas y posibilidades que se encuentran al alcance del consumidor que le pueden dotar de nuevas capacidades que le ayuden a dar respuesta a sus inquietudes.





A la hora de ser capaz de **producir su propia energía renovable**, el autoconsumo a nivel individual o compartido va a ser el principal *driver* a tener en cuenta. Los sistemas de autoconsumo son, probablemente, los que han tenido una mayor penetración en la ciudadanía. Sin embargo, tienen un elevado potencial que todavía no ha sido del todo exprimido por lo que se espera que se extienda en mayor medida en los próximos años. Según la Hoja de Ruta de Autoconsumo, para 2030 se estima un potencial real de entre 9 y 14 GW, en comparación con los 1,5 GW instalados actualmente. Del mismo modo, si en este punto se introduce la aparición de la figura de las Comunidades Energéticas (CCEE), el autoconsumo se vuelve una herramienta todavía más poderosa para potenciar la participación ciudadana en la transición energética. Gracias a esta figura, el consumidor podrá generar su propia energía y compartirla con la comunidad mejorando así sus capacidades de autogestión.

En cuanto a las necesidades del consumidor para **gestionar esta energía de manera más eficiente e inteligente**, los sistemas de almacenamiento en sus diferentes versiones van a ser el *driver* principal en este aspecto. Estos sistemas permiten, principalmente, almacenar la electricidad excedentaria en momentos de baja demanda para trasladar su uso a momentos en los que no se disponga de producción renovable. De esta manera, la curva de consumo se desplazará porque en los momentos de alta demanda y nula producción renovable, el consumidor será capaz de consumir la energía que ha almacenado previamente. En cuanto a los sistemas de almacenamiento, encontramos los de tipo *behind-the-meter* (o batería detrás del contador) y los de tipo *utility-scale* (o delante del contador). En este sentido, la batería detrás del contador es el sistema de almacenamiento asociado a consumidores residenciales, comerciales o industriales. Sin embargo, se identifican nuevas formas de almacenamiento que aportan, de nuevo, nuevas oportunidades para el consumidor, como son los vehículos eléctricos donde se espera que, en línea al desarrollo de la infraestructura y tecnología necesaria, puedan llegar a funcionar como baterías “móviles” que consuman o viertan energía en función de las necesidades del consumidor.



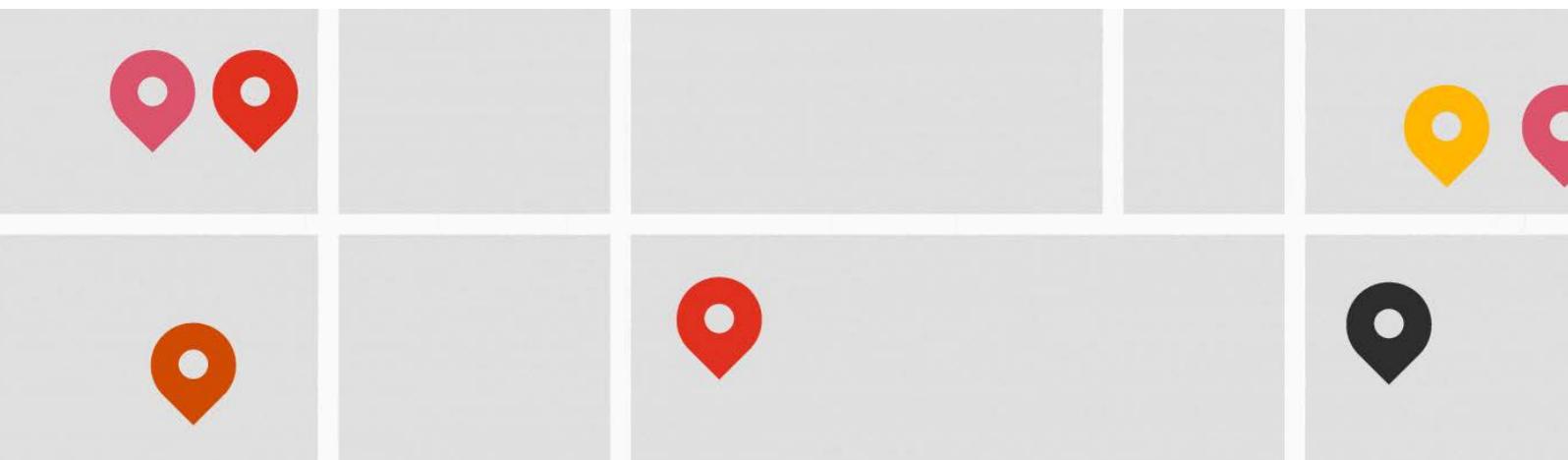


En este sentido, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) quiere que el 74% de su generación eléctrica sea renovable, con especial importancia del autoconsumo solar. Para permitir la entrada de tanta capacidad renovable en el sistema, el propio plan matiza que es imprescindible disponer de medios firmes y flexibles que aporten respaldo en el horizonte 2030, para lo que es necesario añadir una potencia adicional de 6 GW de almacenamiento. Así, el PNIEC 2021-2030 prevé el desarrollo de 6 GW de sistemas de almacenamiento en España, en forma de nueva potencia de bombeo (3,5 GW) e instalación de baterías (2,5 GW) y plantea incentivar estos proyectos que permiten evitar vertidos de energía limpia. No obstante, la Estrategia de Almacenamiento recién publicada aumenta hasta 20 GW la capacidad de almacenamiento prevista a 2030, lo que indica la tendencia creciente de penetración de estas tecnologías en España.

Por último, con el objetivo de que el consumidor pueda **reducir el coste de su factura y ser partícipe de la gestión de su demanda**, se identifican una serie de mecanismos que le permiten convertirse en un agente más cercano al mercado. Entre estos mecanismos, destacan, por un lado, los sistemas de gestión de la demanda o “*Demand Response*” donde en muchos países ya funciona de manera que los usuarios energéticos pueden gestionar de manera inteligente su demanda con actuaciones como la modulación de forma voluntaria de su consumo e incluso, dejando de consumir ante situaciones de escasez de energía disponible. Por otro lado, una vez que se optimiza el consumo, si el usuario final desea participar de manera activa en el mercado eléctrico, se debe recurrir a figuras como los agregadores de demanda cuya función es la de controlar los cambios en los consumos de electricidad respecto a las pautas habituales de consumo como respuesta a las diferentes señales de precio del mercado para vender una reducción o un incremento de la demanda en un momento dado. Estas figuras, sin embargo, están en un estado de madurez muy temprano en España por lo que habrá que esperar a que estén correctamente reguladas y configuradas en nuestro mercado.

Es importante destacar que, aunque todas estas herramientas puestas al alcance del consumidor energético en su conjunto van a abrir una nueva ventana de posibilidades en cuanto a cambios en los patrones de demanda y su correspondiente afectación al mercado energético, no hay que perder de vista la verdadera magnitud de este impacto para poder identificar cómo de relevante va a ser en la transición energética. Hay que recordar que a 2030 la capacidad instalada de autoconsumo solar va a suponer tan solo el 5,5% del parque de generación total instalado. Si se traslada esta potencia instalada a magnitudes de consumo, el total de las instalaciones de autoconsumo van a producir 15.709 GWh, es decir, el 5,6% de la demanda total prevista para dicho año. Del mismo modo, se espera a 2030 un aumento sustancial de la instalación de baterías destinadas al almacenamiento de electricidad, pero estos 2,5 GW de baterías adicionales no serán capaces de soportar las rampas provocadas por la penetración solar y no podrán ser la única tecnología que aporte flexibilidad al sistema, pero si ayudarán a acomodar la producción solar y mejorar la diferencia entre la demanda eléctrica total y la que quedaría descontando la producción de la capacidad solar instalada (la demanda residual) a lo largo del día.

En conclusión, aunque la gestión de la demanda no va a ser la solución en el corto plazo a las cuestiones que se plantean sobre nuestro sistema eléctrico, es evidente que, de manera gradual y controlada, la penetración de estos nuevos modelos de negocio irá ganando relevancia. Para ello habrá que asegurar que se continúe trabajando en el desarrollo de las tecnologías y los aspectos regulatorios necesarios para posicionar al consumidor como un agente habilitador de soluciones para la flexibilización y éxito de la transición energética. En paralelo, debe valorarse adecuadamente cuál será el impacto real de la introducción de estas nuevas tecnologías y soluciones de flexibilidad sobre los propios consumidores en relación a puntos como el ahorro energético, el control que podrá hacer sobre su demanda o la participación activa que tendrá en el mercado, entre otros, y cómo afectarán en mayor o menor medida a unos consumidores u otros.





# Glosario de términos

## **Agente del mercado:**

Entidad autorizada para participar en el mercado de producción eléctrico español.

## **Agregador de la demanda:**

La figura del agregador de demanda tiene como objetivo gestionar la demanda eléctrica de manera flexible. Por ello, actúan como comercializadores de cargas de consumo flexibles a corto plazo, formulando ofertas de subidas o bajadas del consumo eléctrico garantizando un ahorro energético a las empresas o consumidores.

## **Almacenamiento:**

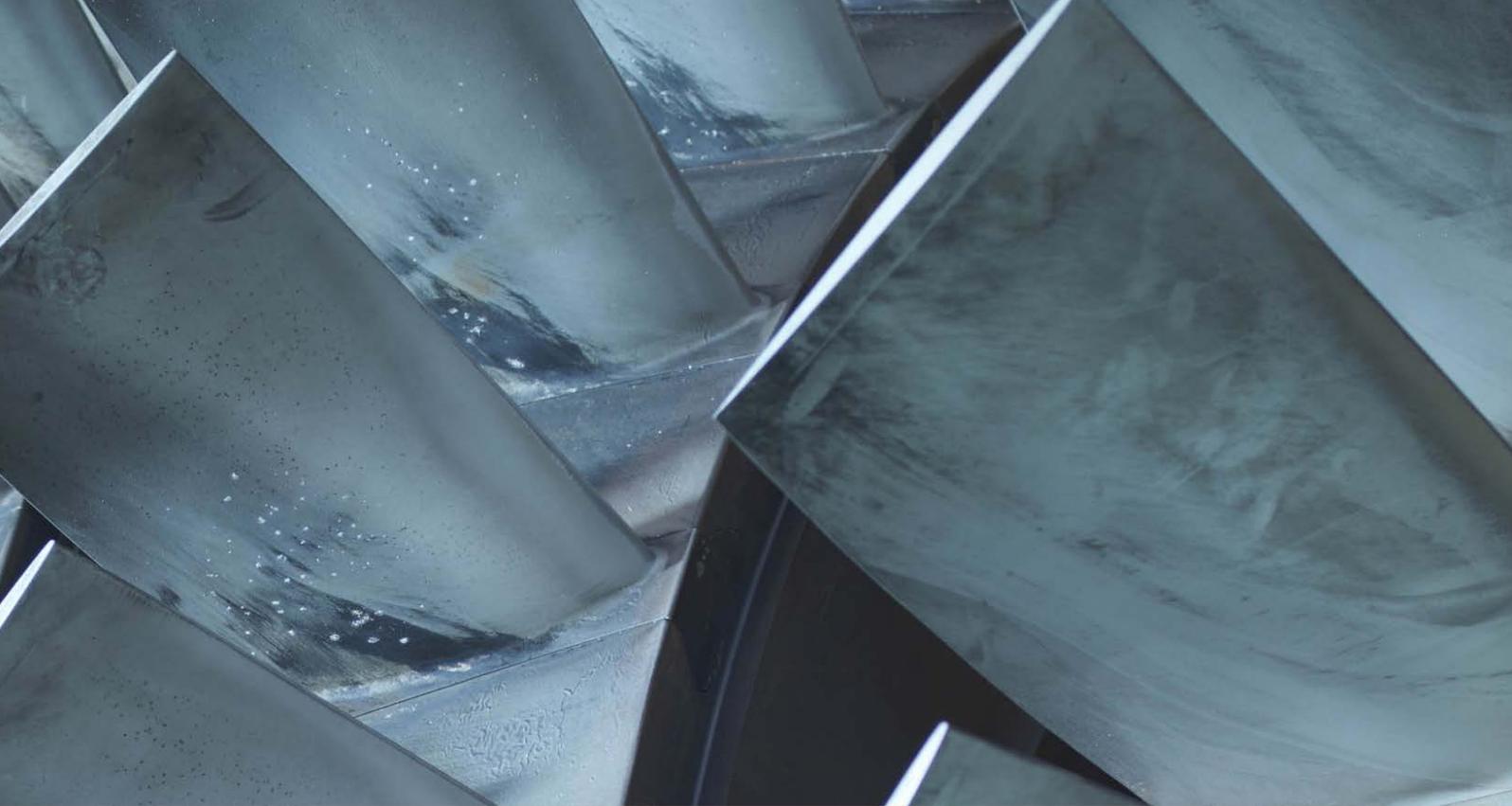
Es la capacidad de acumular energía, por lo general en las horas de menor demanda, para después liberarla al sistema en función de las necesidades de manera que le aporta flexibilidad y firmeza. Existen distintos tipos de tecnologías de almacenamiento con diferentes características entre las que se encuentran el bombeo, las baterías o el hidrógeno. Una vez cargadas son capaces de operar de forma flexible, con la limitación de su tiempo de uso dependiendo de la tecnología.

## **Almacenamiento BTM (Behind-the-meter):**

Este concepto hace referencia a los sistemas de almacenamiento conectados literalmente “detrás del contador” en el caso de usuarios residenciales, comerciales o industriales. Se trata de los sistemas que permiten almacenar la electricidad generada en las propias instalaciones con el objetivo de optimizar su demanda y ahorrar en la factura de electricidad a través de una gestión inteligente, es decir, almacenando electricidad en la batería cuando es más barato y consumiéndola cuando los precios son más elevados. Dentro de las baterías BTM también se pueden considerar las de los vehículos eléctricos.

## **Almacenamiento FTM (Front-of-the-meter) o Utility-Scale:**

Se trata de los sistemas de almacenamiento a gran escala que están conectados a las redes eléctricas de distribución o de transmisión o a un activo de generación. Se suelen utilizar para dar servicio a la red en función de las necesidades de los operadores del sistema (aliviar cargas, regular frecuencias...).

**Apuntamiento:**

El coeficiente de apuntamiento es un número que indica la relación entre el precio de venta de la electricidad de una tecnología o planta concreta y el precio medio aritmético obtenido en el mercado diario por el conjunto del mercado. Indica si una tecnología consigue vender la electricidad que genera a un precio mayor ( $>1$ ) o menor ( $<1$ ) que la media del mercado.

**Autoconsumo:**

Es la capacidad de generar energía en una instalación privada para responder a la demanda energética que se produce en dicha instalación. Los sistemas de autoconsumo se encuentran en el ámbito residencial, comercial e industrial y, por lo general, emplean tecnología fotovoltaica para la generación de electricidad. El excedente de energía se suele volcar a la red eléctrica.

**Autoconsumo individual:**

Consumo por parte del individuo propietario de la instalación de autoconsumo para su propia demanda energética.

**Autoconsumo colectivo:**

Consiste en la generación de energía mediante una o varias instalaciones fotovoltaicas que se comparte y autoconsume por más de un usuario que se encuentre en las cercanías de las instalaciones (a menos de 500 metros).

**Autosuficiencia:**

Es la capacidad de no depender de un recurso energético externo, lo que sería la red eléctrica nacional, para satisfacer tu propia demanda energética gracias a disponer de una instalación de generación de energía renovable.

**Capacidad de respaldo:**

Se entiende como la capacidad de una central eléctrica de arrancar y parar de forma ágil (flexibilidad), y de estar siempre disponible en el caso de problemas en el sistema eléctrico (firmeza y disponibilidad) para contribuir a cumplir en todo momento la punta de demanda.

**Central renovable:**

Instalación para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía de origen renovable (eólica, solar, geotérmica, marina). Estas centrales tienen dependencia del clima y por tanto su producción es intermitente y no gestionable, es decir, su producción no depende de un tercero (operadora de la planta).

**Central térmica:**

Instalación para la generación de energía eléctrica a partir de energía liberada en forma de calor por combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. El calor se transforma mediante un ciclo termodinámico para producir energía eléctrica. Estas centrales pueden operar en tanto tengan el combustible necesario, pudiendo entrar a producir en función de las necesidades del sistema.

**Comunidades Energéticas:**

Esta figura permite que diferentes agentes (ciudadanía, administración local y pymes) que se encuentran en las mismas proximidades recojan múltiples actividades relacionadas con la generación, consumo y gestión de energía a nivel comunitario de manera que contribuyan a la creación de un sistema energético descentralizado, justo, eficiente y colaborativo.



### **Comunidad Ciudadana de Energía (CCE):**

Entidad jurídica que se basa en la participación voluntaria y abierta, y cuyo control efectivo lo ejercen socios o miembros que sean personas físicas, autoridades locales, incluidos los municipios, o pequeñas empresas; cuyo objetivo principal consiste en ofrecer beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus miembros o socios o a la localidad en la que desarrolla su actividad, más que generar una rentabilidad financiera; y participa en la generación, incluida la procedente de fuentes renovables, la distribución, el suministro, el consumo, la agregación, el almacenamiento de energía, la prestación de servicios de eficiencia energética o, la prestación de servicios de recarga para vehículos eléctricos o de otros servicios energéticos a sus miembros o socios.

### **Comunidad de Energías Renovables (CER):**

Entidad jurídica que, con arreglo al Derecho nacional aplicable, se basa en la participación abierta y voluntaria, sea autónoma y esté efectivamente controlada por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dicha entidad jurídica y que esta haya desarrollado; cuyos socios o miembros sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios; y cuya finalidad primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros o a las zonas locales donde opera, en lugar de ganancias financieras.

### **Confiabilidad del sistema eléctrico:**

Posibilidad de contar con la generación suficiente para poder atender la demanda de energía eléctrica de los usuarios.

### **Consumo sostenible:**

El consumo sostenible de energía es un consumo que atiende a criterios de sostenibilidad ambiental y social, es decir es un consumo que permite el bienestar de las generaciones actuales sin desmerecer el futuro de las generaciones futuras.

### **Consumo de proximidad:**

El consumo de proximidad hace referencia al tipo de consumo que tiene en cuenta y se decanta por los productos cuyo lugar de origen es próximo al punto de consumo (por ejemplo, los productos locales de km 0).

### **Contador:**

Dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo este su objetivo específico. Normalmente están calibrados en unidades de facturación, siendo la más común el kilovatio-hora [kWh].

### **Curva de pato:**

La curva de pato se trata de un gráfico donde se representan diferentes curvas que muestran la diferencia entre la demanda eléctrica total y la demanda restante descontando la producción de la capacidad solar instalada (es decir, la demanda residual), a lo largo del día.

### **Disponibilidad:**

Porcentaje de tiempo anual en el que la planta está acondicionada y preparada para producir energía eléctrica.

**Eficiencia energética:** Se trata del uso óptimo e inteligente de la energía. Esto se puede alcanzar con medidas para la reducción de pérdidas energéticas o con el uso de tecnologías con mayor rendimiento, entre otros.

### **Empoderamiento del consumidor:**

Situación ante la que el consumidor es consciente del impacto económico, energético y medioambiental de su consumo energético y reclama su posición como agente relevante en el sector hasta el punto en el que se convierte en un agente alrededor del cuál se toman gran parte de las decisiones del sector.

### **Energía distribuida:**

Generación y gestión de energía eléctrica de forma descentralizada, lo más cerca posible de su lugar de consumo a través de, principalmente, fuentes de energía renovable.

**Escalabilidad:**

Capacidad de aumentar la capacidad o tamaño de un sistema tecnológico sin comprometer el funcionamiento y calidad normales del mismo.

**Firmeza:**

Capacidad de una central de estar disponible para la producción de energía eléctrica para cubrir la demanda máxima del sistema con una probabilidad muy alta y acondicionada para entrar en operación en el parque de generación. Característica propia de tecnologías gestionables (nuclear, carbón, fuel o gas) que no dependen de agentes externos.

**Flexibilidad:**

Capacidad que tiene una tecnología de programación y arranque de las unidades de producción para solucionar los desajustes entre producción y demanda a corto plazo, es decir, para comenzar a operar, adaptándose a condiciones dinámicas y cambiantes, para mantener en todo momento la viabilidad técnica del sistema eléctrico.

**Generación distribuida:**

Consiste en la generación de energía eléctrica mediante múltiples pequeñas fuentes de generación que se instalan cerca de los puntos de consumo. La generación distribuida se basa en la cooperación entre esta microgeneración y la generación de las centrales convencionales.

**Gestión de la red:**

Actuaciones destinadas a controlar, monitorizar, asegurar, desarrollar o ampliar la red eléctrica para, principalmente, garantizar el suministro eléctrico, el acceso de terceros, dotarla de flexibilidad, capacitarla para responder ante incidencias o fallos del sistema y ayudar en la integración de las energías renovables, entre otros.

**Gestión de la demanda:**

Conjunto de acciones o soluciones enfocadas a gestionar de forma eficiente el consumo de los agentes para reducir sus costes energéticos y/o disminuir la demanda punta del sistema eléctrico en el que se encuentran de forma puntual y voluntaria.

**Gestión energética:**

Optimización del uso de la energía, con el objetivo de que esta se utilice de un modo racional y eficiente. A través de una adecuada gestión de la energía se detectan oportunidades de mejora en aspectos relacionados con la flexibilidad, estabilidad y seguridad del sistema energético.

**Hoja de Ruta de Autoconsumo:**

Se trata de un documento publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico cuyo objetivo es el de abordar y mejorar las ineficiencias detectadas en el autoconsumo y las inquietudes expresadas dentro de la consulta pública realizadas para dar respuesta a la Medida 1.4 del PNIEC 2021-2030 sobre “El desarrollo del autoconsumo con renovables y la generación distribuida”.

**Horas equivalentes:**

Funcionamiento de una planta de generación eléctrica, equiparando sus horas de funcionamiento reales al equivalente de haber operado a plena capacidad, es decir, trasladando su horario de funcionamiento a cargas/potencias medias a la potencia total, como relación entre la energía producida en un periodo entre la potencia total instalada. Hueco térmico: Porcentaje de la demanda eléctrica que queda sin cubrir por parte de las energías renovables y las centrales nucleares y se completa por medio de las plantas térmicas convencionales: carbón y ciclos combinados.

**Impuesto al sol:**

Se trata de un impuesto que entró en vigencia en 2015 a través del Real Decreto-ley 900/2015, de 9 de octubre, en el que se establecía que para cualquier instalación de autoconsumo a partir de energía solar el propietario debía pagar una tasa para hacer frente a los costes fijos que afectaban al mantenimiento y supervisión de la red a pesar de no hacer uso de ella (o menor uso que el resto de los consumidores). Este impuesto fue derogado por el Gobierno en 2018 con el objetivo de eliminar las barreras que dificultaban el desarrollo de la energía solar fotovoltaica y del autoconsumo.

### **Intercambio de energía “Peer to Peer”:**

Intercambio directo de energía entre usuarios finales sin la necesidad de otros intermediarios. Este tipo de intercambios promueve la generación de mercados *peer-to-peer* como herramienta de los prosumidores para interactuar con los mercados de energía y decidir cómo producen, consumen e intercambian energía.

### **Internet de las cosas (IoT):**

Tipo de tecnología que facilita el despliegue de sensores y actuadores que nos informan del estado de elementos cotidianos, como vehículos, herramientas o incluso seres vivos. Nos permite interactuar con ellos, habilitando su conectividad con plataformas en la nube que reciben y procesan la información para, tras su análisis, poder tomar las decisiones que nos interesen.

### **Interrupción del suministro o apagón (“Blackout”):**

Situación en la que, debido a una incidencia en la infraestructura energética (sobrecarga en el sistema, exceso de demanda, factores meteorológicos...), se produce un fallo en la red que imposibilita el suministro eléctrico causando así lo que es conocido por apagón o “blackout”.

### **Mercado eléctrico:**

En este informe se entiende por mercado eléctrico al conjunto de mercados en los que se negocian productos asociados al funcionamiento del sistema eléctrico, principalmente energía (mercado a plazo, mercado diario y servicios de ajuste), potencia firme y certificados verdes).

**“Paquete de Invierno” o “Paquete de Energía limpia”:** Marco de políticas energéticas definido por la Unión Europea (UE) para evolucionar de los combustibles fósiles hacia una energía limpia y, de manera más específica, alcanzar los compromisos del Acuerdo de París, también conocido como “*Clean Energy for all Europeans package*”, dentro de la Directiva 2018/2001.

### **Patrones de Mercado o Consumo:**

Perfiles habituales de consumo energético que se repiten con el tiempo y que están caracterizados por un volumen de consumo en un periodo de tiempo determinado.

### **Plan Nacional de Recuperación, Transformación y Resiliencia:**

Este documento surge a partir de la crisis sanitaria de la Covid-19 con el objetivo de definir el plan de actuaciones para la recuperación económica española derivada de la crisis. El plan establece cuatro ejes transversales basados en la transición ecológica, transformación digital, cohesión social y territorial e igualdad de género sobre los que construye una serie de componentes, reformas e inversiones para canalizar los fondos europeos Next Generation definidos para este propósito.

### **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC):**

Plan definido por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico que define los objetivos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero junto con todas las actuaciones y medidas específicas para responder a las ambiciones europeas y al Acuerdo de París. Este documento es comunicado a la Comisión Europea para dar cumplimiento al Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

### **Pobreza energética:**

Un hogar se encuentra en situación de pobreza energética cuando es incapaz de pagar una cantidad de servicios de la energía suficiente para la satisfacción de sus necesidades domésticas y/o cuando se ve obligado a destinar una parte excesiva de sus ingresos a pagar la factura energética de su vivienda.

### **Pool eléctrico:**

Es el nombre que recibe el mercado mayorista del producto energía eléctrica. En este mercado se reúnen diariamente generadores y consumidores llevando a cabo la compra - venta de electricidad a través de un sistema de ofertas. El precio final de la electricidad o precio de pool viene determinado por la intersección entre las curvas de oferta y demanda. El precio queda marcado por la última tecnología en ser “casada”.

### **PPA (Power Purchase Agreement):**

Acuerdo de compraventa de energía limpia a largo plazo desde un activo concreto y a un precio prefijado entre un desarrollador renovable y un consumidor, por lo general empresas que necesitan grandes cantidades de electricidad, o entre un desarrollador y un comercializador que revenderá la energía.

### **Prosumidor energético:**

Acrónimo de las palabras “productor” y “consumidor”. Agente que tiene la capacidad de aprovechar su autoconsumo energético o la flexibilidad en su demanda para consumir energía de manera independiente a la red, compartirla, almacenarla o verterla al sistema.

### **Punta o Pico de demanda:**

Máxima demanda registrada en un sistema eléctrico durante un periodo de tiempo específico, en el que se debe proporcionar energía eléctrica a un nivel de suministro significativamente mayor al promedio. La demanda eléctrica experimenta fluctuaciones a lo largo del día, los meses, las estaciones y de la misma manera a lo largo de los años y el dimensionamiento del Sistema eléctrico debe ser tal que cubra el pico de demanda esperada.

### **Rampa de generación:**

Determina la velocidad a la que una planta de generación gestionable puede arrancar, regular o parar su producción.

### **Red eléctrica:**

Red de suministro eléctrico en alta y media tensión cuya gestión se encarga Red Eléctrica Española.

### **Reserva estratégica:**

Mecanismo de capacidad por el cual existe un conjunto de centrales térmicas a las que se les impide la participación en el mercado de energía a cambio de unos ingresos (ya sean pagos regulados o a través de subastas de capacidad) en función de su capacidad. A cambio deben estar disponibles para entrar en operación cuando sean necesarias para garantizar el suministro, aportando firmeza al sistema en situaciones de escasez de ofertas y así evitar distorsiones en el funcionamiento del mercado mayorista.

**Resistencia:**

En el sentido más amplio, la resistencia es la oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. En el caso del sistema eléctrico, cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica.

**Señal de precio:**

Información transmitida a los generadores y consumidores sobre la energía a través de su precio. Esta información puede hacer que los generadores y consumidores modifiquen tanto su producción como su consumo en función de dicho precio.

**Servicios de ajuste o mercados de ajuste:**

Conjunto de mercados de energía y/o potencia, en el que las transacciones se realizan en el corto plazo y están dirigidas a mantener el equilibrio de la generación y la demanda en todo momento, asegurando la viabilidad del sistema.

**Sistema de almacenamiento:**

Conjunto de tecnologías que son capaces de dotar al sistema energético de la capacidad de almacenamiento de la energía generada en un momento que no puede ser consumida (ya sea porque no hay demanda en ese momento o

porque la oferta es superior a la demanda y se produce un excedente). Estos sistemas permiten almacenar la energía para emplearla en el momento en el que sea necesaria o conveniente y, por lo tanto, son el complemento ideal para la integración de las energías renovables variables.

**Servicios de interrumpibilidad:**

Herramienta de gestión de la demanda para dar una respuesta rápida y eficiente a las necesidades del sistema eléctrico de acuerdo a criterios técnicos (de seguridad del sistema) y económicos (de menor coste para el sistema).

**Smart Charging:**

Se trata del conjunto de las funcionalidades de las estaciones de recarga que optimizan el consumo de energía y el tiempo de recarga. Gracias a esta tecnología se evitan costes inesperados y se consigue el máximo rendimiento.

**Smart Meter:**

Un *Smart Meter* o contador inteligente actúa como un sistema de monitorización de energía eléctrica que mide y registra el consumo de energía eléctrica que se ha utilizado durante un período determinado de tiempo, además de otros parámetros eléctricos de su instalación.

**Subasta de capacidad:**

Mecanismo de asignación de un producto de "capacidad" a través de la oferta de una cantidad limitada de potencia en un período dado. Las compañías que oferten su potencia firme al menor coste ganan contratos en un horizonte temporal determinado en las bases de la subasta durante el cual perciben unos ingresos por poner al servicio del sistema dicha potencia.

**Transición energética:**

Cambio estructural a largo plazo en los sistemas energéticos caracterizada por la entrada de tecnologías renovables en el consumo energético en sustitución de energías contaminantes, que tiene como objetivo la descarbonización de la economía.

**Utility-Scale:**

En lo que respecta al almacenamiento de energía, se trata de proyectos de gran tamaño y elevada capacidad, desarrollados a gran escala con el objetivo de aportar servicios a la red eléctrica.

**Vehicle to Grid (V2G):**

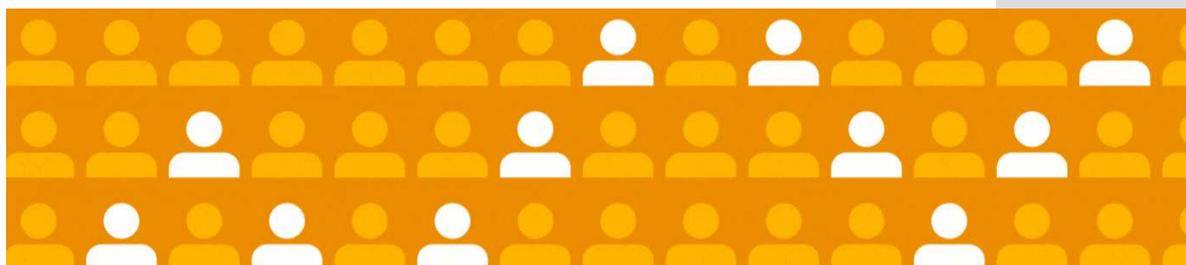
Tecnología que hace posible que los vehículos eléctricos puedan devolver a la red la energía que acumulan en sus baterías. Por ello, la tecnología V2G sirve principalmente para acumular energía en horas valle para utilizarla en el hogar en las horas en las que la tarifa eléctrica es más cara.



# Introducción al estudio

El sector energético se encuentra sumergido en un complejo proceso de transición energética con el objetivo de evolucionar a un modelo que esté compuesto no solo por tecnologías más limpias y eficientes, sino que esté dotado de sistemas que permitan la integración de las energías renovables y, en general, flexibilicen y garanticen la seguridad del suministro eléctrico. Este tipo de herramientas pueden ser desde sistemas para la gestión de la demanda como sistemas de almacenamiento o mecanismos para la capacidad de respaldo del sistema energético.

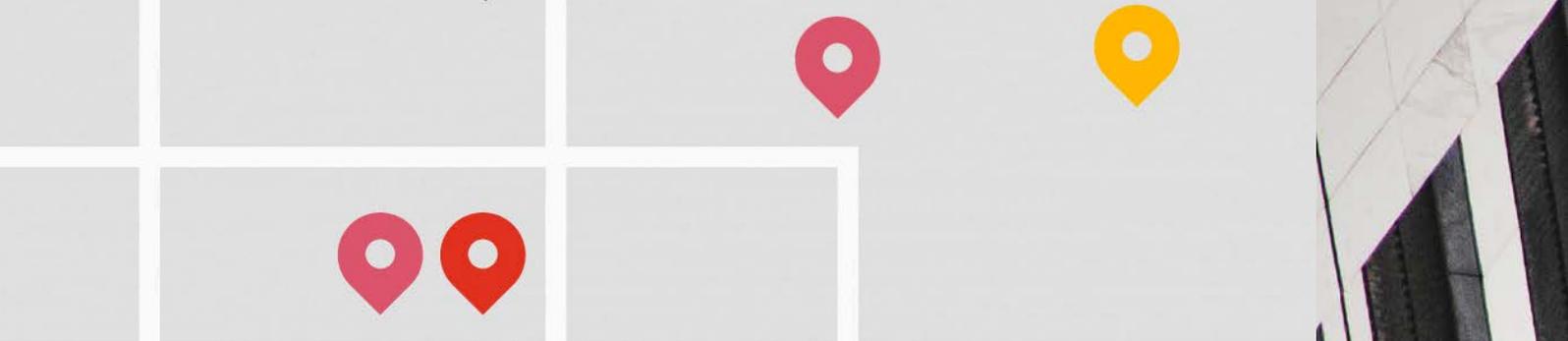
Dentro de las diferentes soluciones que se plantean para poder flexibilizar el sistema eléctrico actual, los sistemas de gestión de la demanda son aquellos sobre los que pueden actuar directamente los propios consumidores. Estos sistemas van a permitir que puedan ajustar y adaptar su consumo de forma voluntaria o programada en aquellos momentos en los que el sistema esté más tensionado. Es importante destacar que, sin embargo, aunque la gestión de la demanda pueda ayudar a gestionar pequeñas fluctuaciones de la generación renovable del mercado eléctrico, no va a lograr acomodarla ante grandes variaciones de los recursos naturales. Es decir, para alcanzar la transición energética deseada van a ser necesarias diferentes iniciativas que, en su conjunto, puedan responder a los retos actuales del sector energético.



El propósito de este informe, por lo tanto, se centrará en analizar cuál va a ser el papel del consumidor y de la gestión de la demanda en el nuevo modelo energético al que se aspira dentro del marco de la transición energética.

El informe pretende analizar los cambios de hábitos de los consumidores y su mayor preocupación y concienciación con el cambio climático y la sostenibilidad. Todo esto supone el deseo y la necesidad de una mayor participación en el sistema y mercado energético que va a empezar a ser posible gracias a la descarbonización de determinados usos energéticos, a la aparición de nuevas e innovadoras empresas de servicios relacionados con la energía y al aprovechamiento y desarrollo de nuevas tecnologías.

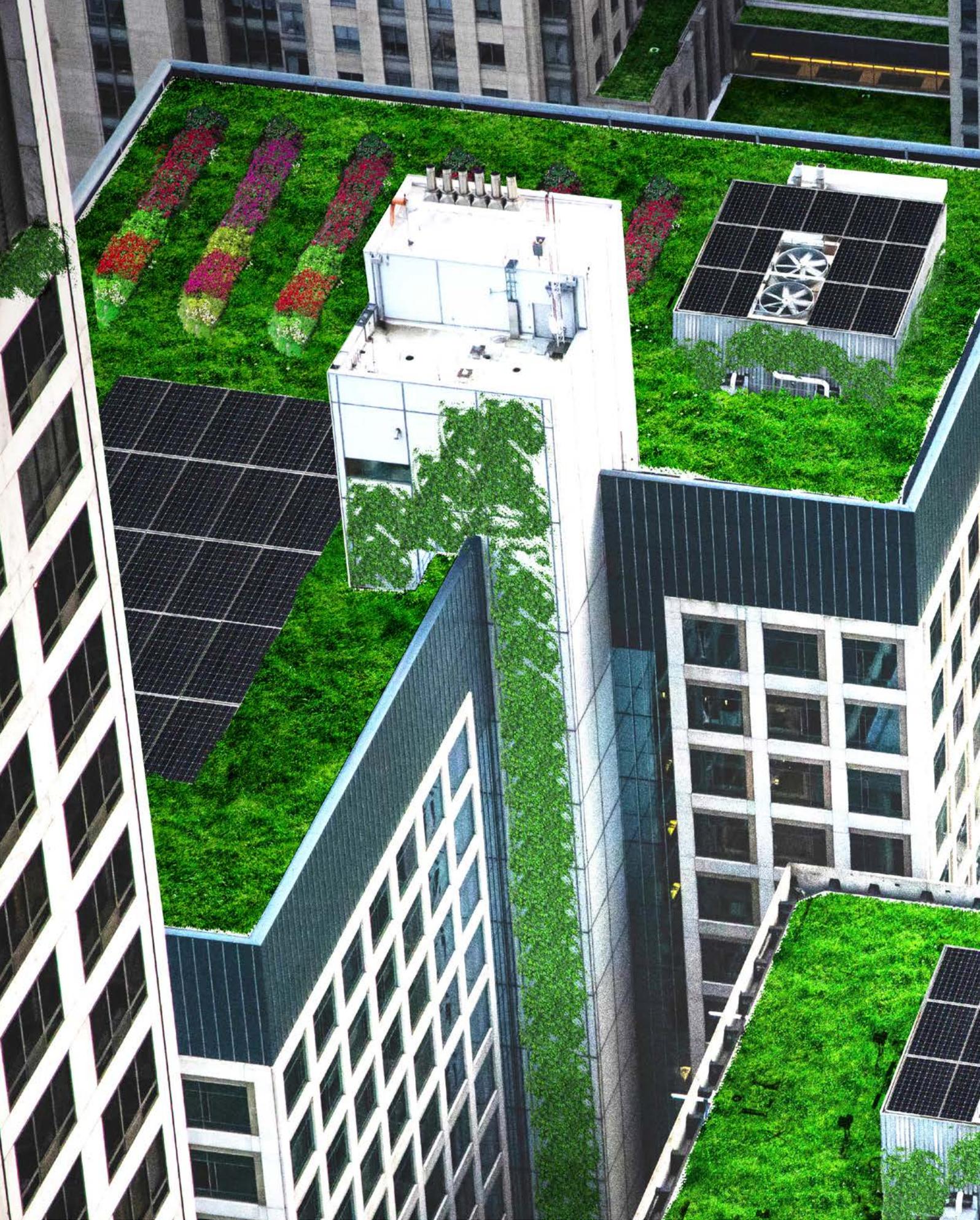
Un ejemplo de este último punto serían aquellas nuevas tecnologías relacionadas con la gestión de la red. Es importante hacer referencia a la necesidad de digitalizar la red eléctrica ya que los avances realizados hasta el momento (por ejemplo, con la tecnología tipo *Smart Meters*) no serán suficientes para alcanzar el modelo de participación del consumidor que plantea este informe. En paralelo, para que todos los agentes puedan estar coordinados y apuesten por evolucionar hacia este nuevo modelo, deberán asumir importantes inversiones que sin la aparición de los incentivos correspondientes podrían verse en peligro.



El objetivo es que en el actual contexto energético se permita a los consumidores una participación plena en la transición energética habilitando herramientas para la gestión de su propio consumo, herramientas para el intercambio flexible de energía y la creación de nuevos modelos de negocio que contemplen al consumidor como un agente más de la cadena. Es importante resaltar que si no se produce un efecto arrastre de beneficios en toda la cadena de interacción del consumidor con la energía será difícil conseguir que se produzca este cambio hacia una participación activa.

En definitiva, los consumidores, a través de los sistemas de gestión de la demanda, tendrán un papel que jugar para alcanzar la flexibilidad necesaria que permita adaptar el sistema eléctrico a la generación de electricidad renovable, distribuida y variable y a la flexibilización del consumo por parte de todos los tipos de usuarios. Para hacer un recorrido por todos estos puntos contextualizando, analizando e ilustrando tanto a los consumidores como los diferentes modelos de participación en la gestión de la demanda, avanzando a lo largo del informe se pueden apreciar los siguientes puntos:

- **El nuevo consumidor energético:** Este punto muestra un análisis de los cambios de hábitos que están experimentando los consumidores como consecuencia de la electrificación de determinados usos energéticos, de la preocupación por la sostenibilidad ambiental y del interés por controlar su consumo y gasto energético.
- **Aspectos aceleradores de la transformación del consumidor y nuevos modelos de negocio:** En este apartado se plantea con mayor grado de detalle los nuevos *drivers* o aceleradores de cambios en los consumidores llegando a analizar el estado del arte de cada uno de ellos, su potencial desarrollo y su impacto en los patrones de comportamiento tradicionales del mercado eléctrico, entre otros. Algunos *drivers* a considerar son el almacenamiento y las baterías, los agregadores de la demanda, el autoconsumo individual y compartido, etc.
- **Impacto de la participación de estos nuevos consumidores en los mercados de energía:** El objetivo de este punto es tener una idea general del potencial de las medidas planteadas a lo largo del informe para identificar el impacto global sobre el sistema eléctrico y cómo de relevante puede ser esta solución dentro del contexto de la transición energética.
- **Conclusiones:** Para finalizar, se resumen los retos que debe hacer frente la transición energética, las conclusiones sobre cómo el consumidor va a jugar un nuevo papel en esta transición gracias a su rol como “flexibilizador de la demanda” y con qué herramientas va a contar para poder ser partícipe de esta flexibilización y su definitiva integración en el sistema eléctrico.



# 1

## El nuevo consumidor energético

El sistema energético se encuentra en un proceso de transformación conocido como Transición Energética para alcanzar un despliegue masivo de las energías renovables y garantizar su correcta integración en el sistema eléctrico.



Nos encontramos en un momento en el que se está produciendo un binomio que está siendo la pieza clave de la transformación del sector energético. Por un lado, se están produciendo importantes hitos en la transición energética, transición que está afectando a toda la cadena de valor energética y a todos los agentes que forman parte de ella con un claro foco en la descarbonización; y, por el otro, nos encontramos también con la transformación que está sufriendo el propio consumidor energético como agente activo de este proceso. Este consumidor se encuentra ante un entorno muy dinámico que está implicando una serie de cambios alrededor de su conciencia energética, lo que se está traduciendo en nuevos hábitos y patrones de consumo energético.

Estos nuevos hábitos que surgen en torno a los consumidores se resumen en una mayor curiosidad por el sector energético que les rodea. Principalmente, demandan disponer de una mayor información y transparencia en cuanto a su consumo energético (aspectos como el coste u origen de la energía son ahora una preocupación primordial para el consumidor) o contar con un mayor control en su consumo para poder optimizarlo e incluso llegar a ser autosuficiente. Todo esto supone la transformación del sector y de los diferentes agentes que lo conforman de manera que se tenga en consideración a este nuevo consumidor y sus hábitos e incluso que se le convierta en un nuevo agente del entorno.

Para entender mejor cómo se ha producido esta evolución del consumidor en relación a los nuevos hábitos o curiosidades sobre el sector energético, a continuación, se muestran los principales aspectos que le han ido dirigiendo hacia lo que es hoy: un potencial agente del sistema energético que va a suponer en el corto plazo el centro de las decisiones y estrategias energéticas:

- **Sensibilidad ambiental:** Está emergiendo un tipo de consumidor comprometido con la conservación del entorno que tiene en cuenta el impacto de sus hábitos de consumo y que trata de ser coherente en sus decisiones, responsabilizándose tanto del cuidado del planeta como del consumo de recursos naturales. Mientras que hasta el momento el consumidor solo ha podido aplicar medidas en el ahorro energético doméstico, principalmente con la reducción de consumo en el uso de calefacción o aire acondicionado u optimizando la luz y el transporte, se encuentra en un momento en el que es consciente de que es un elemento clave para hacer frente al insostenible modelo de consumo y quiere ser partícipe en su gestión.

Incluso fuera del ámbito directamente energético, cada vez son más las personas que anteponen la ecología a la hora de escoger un producto o servicio. Según el informe sobre consumo sostenible “Otro consumo para un futuro mejor: nuevas economías al servicio de las personas y el planeta”, realizado conjuntamente por la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) y el Foro Nueva Economía e Innovación sobre el consumo sostenible, demuestra que casi tres cuartas partes de los consumidores españoles manifiestan que ya están tomando decisiones de compra basadas en motivos éticos y de sostenibilidad. Estos consumidores no adquieren más de lo que necesitan, miran las etiquetas para comprobar la composición y el origen de los productos, reciclan e intentan reducir al máximo los residuos que generan, apuestan por un consumo de proximidad y optan siempre que pueden por el comercio local.

- **Coste de la energía:** El contexto internacional actual en relación al encarecimiento de los costes de la electricidad y, energéticos en general, se puede traducir en el aumento de la pobreza energética de los hogares, el alza de la inflación y la ralentización de la recuperación de la economía. A modo ilustrativo, cabe resaltar que el 22 diciembre de 2021 se produjo el pico diario del coste de la electricidad más alto jamás registrado en el mercado mayorista alcanzando los 360 €/MWh, casi un 10% más caro que el día anterior. Tal es la relevancia de este asunto que al cierre de ese mismo año la inflación se disparó al 6,5%, su cota más alta desde mayo de 1992, debido especialmente a la subida de la luz y de los combustibles. Ante esta situación, el consumidor se cuestiona el porqué del aumento de los precios y qué puede hacer para que no le impacte sobre su factura eléctrica.
- **Desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos modelos de negocio:** La flexibilización del sector energético y la habilitación del consumidor como un nuevo agente en esta cadena no podría plantearse si no fuese acompañado de la aparición de nuevas tecnologías que lo hicieran posible.



La movilidad sostenible, por ejemplo, no hubiese sido suficientemente integrada en la ciudadanía sin el desarrollo de aplicaciones para la gestión de reserva y uso de vehículos tipo *car sharing* en los centros urbanos o sin las aplicaciones para poder usar los puntos de recarga públicos. Todo esto sin contar con la tecnología para el desarrollo de los propios vehículos y de los sistemas de carga rápida y/o inteligente (*Smart Charging*). Otras tecnologías que se pueden destacar en este punto gracias a su potencial como habilitadores de nuevas oportunidades para los consumidores son, por ejemplo, las baterías de almacenamiento que flexibilizan el tiempo y el lugar en el que se realiza el consumo o los sistemas de gestión inteligente de energía para dar servicio a las comunidades energéticas. Aunque día a día se produzcan grandes avances en este ámbito, es importante incidir en la relevancia de invertir en el desarrollo de estas nuevas tecnologías, no solo para

El consumidor energético está evolucionando hasta asumir un nuevo papel con el que se quiere implicar de manera más activa en el sector energético. Este nuevo papel le posiciona por primera vez como agente a tener en cuenta en la toma de decisiones sobre la transición energética.



disponer de herramientas para los consumidores finales, sino para conseguir **avances tecnológicos en la gestión de la red y la generación** de electricidad que brinden nuevas oportunidades a los consumidores. En este punto, es importante destacar la necesidad de una mayor inversión reconocida que se dedique a las inversiones necesarias y a la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para este ámbito.

Muy relacionado también con el desarrollo de nuevas tecnologías se encuentra la **aparición de nuevos modelos de negocio**. El desarrollo de nuevas tecnologías y de las redes de comunicación, habilitadores y facilitadoras para la conectividad y flexibilidad de las redes, se ha traducido en la aparición de nuevas estrategias comerciales para la producción, intercambio y venta de productos y/o servicios energéticos que ofrecen al consumidor multitud de posibilidades antes inexistentes.

Pero este nuevo rol del consumidor no se ha impulsado solo, sino que para hacer posible esta nueva realidad, las principales directivas europeas y el propio Plan Nacional Integral de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) lo llevan incluyendo ya desde hace años en sus objetivos y estrategias.

Concretamente, el **Paquete de Invierno**, marco de políticas energéticas definido por la Unión Europea (UE) para evolucionar de los combustibles fósiles hacia una energía limpia y, de manera más específica, alcanzar los compromisos del Acuerdo de París, también conocido como “*Clean Energy for all Europeans package*”, dentro de la Directiva 2018/2001, establece que la estrategia de la UE debe **reconocer el papel de los ciudadanos en la transición energética**, al ser ellos quienes tomen el control de esta última, se beneficien de las nuevas tecnologías para reducir sus facturas y participen activamente en el mercado. A rasgos generales, hace especial mención a informar y formar a los ciudadanos en torno a sus derechos como consumidores activos, sobre las ventajas y modalidades prácticas del desarrollo y el empleo de energía procedente de fuentes renovables, sobre el rendimiento energético de los sistemas de calefacción y refrigeración, sobre el menor coste de funcionamiento de los vehículos eléctricos, etc. Todo esto con el objetivo de hacer participe al consumidor de la transición energética y permitirle que tome decisiones conscientes sobre su consumo y producción energética.

Del mismo modo, el PNIEC 2021-2030 destaca también **el papel del ciudadano**, haciendo referencia al denominado “Paquete de Invierno” de la Comisión Europea que propuso **situar a la ciudadanía en el centro de la transición energética**. En esta línea, la Directiva 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables incluye en su articulado que los **Estados miembro deben garantizar a los consumidores el derecho a producir, consumir, almacenar y vender su propia energía renovable**, y evaluar tanto las barreras como el potencial de desarrollo de las comunidades de energía renovable.

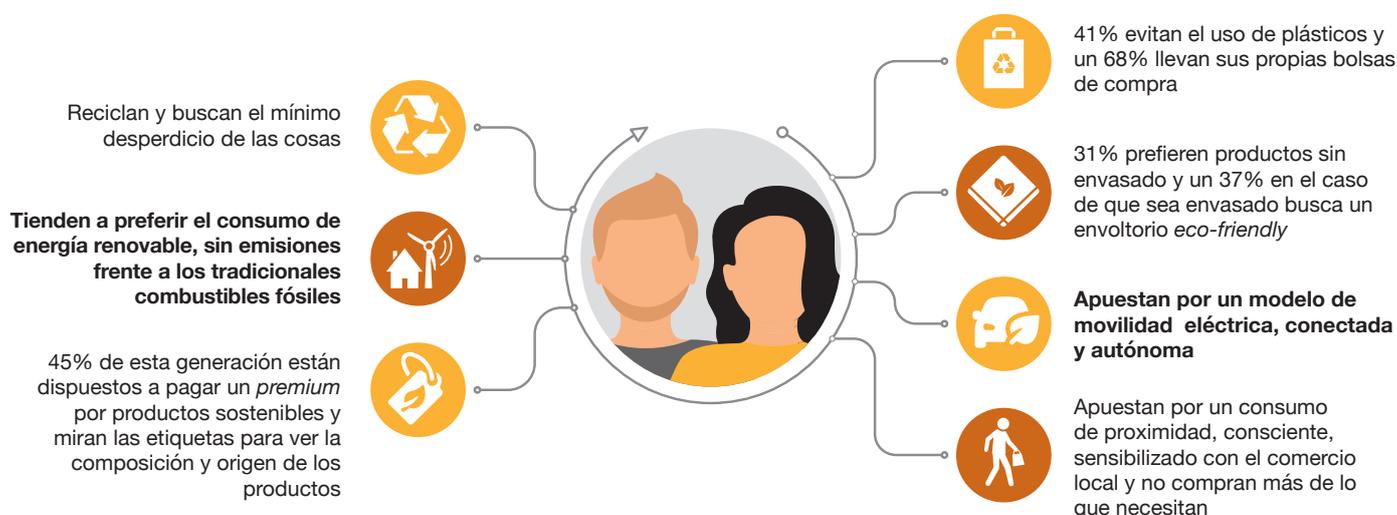
Todos estos aspectos se traducen, principalmente, en el deseo de “empoderamiento” del consumidor. Ante un mercado que ha cambiado poco en los últimos 20 años, y en el que el usuario es el último eslabón de la cadena en la toma de decisiones sobre su consumo, se genera la necesidad de un mayor control y participación en el sector. Esto define un perfil de consumidor que se plantea las siguientes cuestiones:

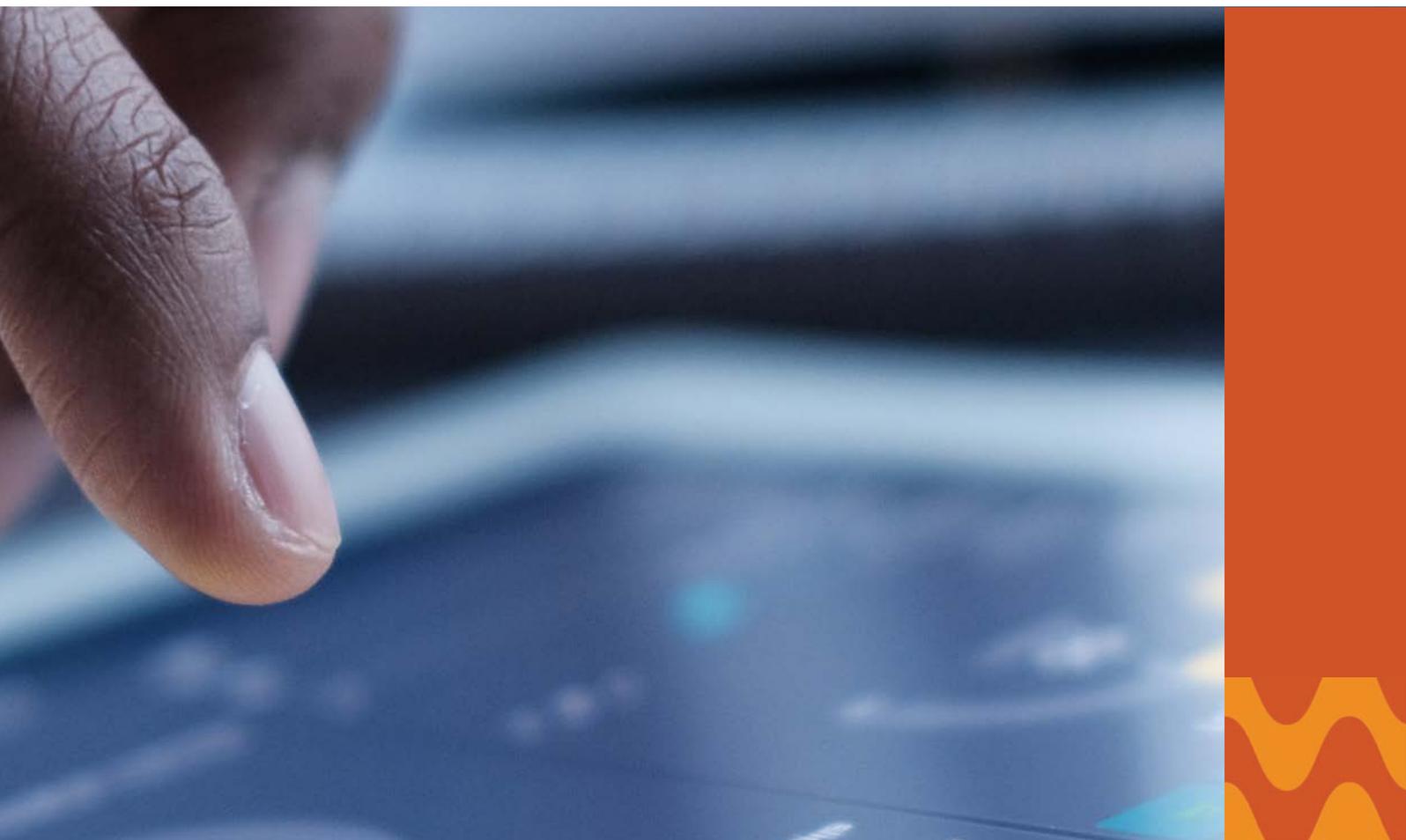
**1) Qué capacidad tengo para producir mi propia energía renovable.**

El consumidor quiere ser su propio productor energético para, primero, controlar que su generación energética esté basada en principios de sostenibilidad y renovabilidad y, segundo,

**Características del nuevo consumidor sostenible**

Fuente: GCIS. Capgemini Research Institute, OCU y análisis de PwC





tener el control de su producción y, en consecuencia, de su consumo: ser autosuficiente y no depender en tanta medida del mercado energético tradicional. Se propone en este punto soluciones distribuidas y comunitarias que permitan que el consumidor tenga un mayor poder sobre el uso de los recursos energéticos.

### 2) Cómo puedo gestionar mi energía de manera eficiente e inteligente.

Este punto se debe a que el consumidor no está únicamente preocupado por ser partícipe de la generación energética y su mercado, sino que quiere **gestionar de manera eficiente e inteligente tanto la producción como el consumo** o el intercambio energético que puede llegar a realizar en los diferentes mercados energéticos.

### 3) Cómo puedo reducir el coste de mi consumo y participar en la gestión de la demanda.

Un consumidor concienciado con el contexto actual, siempre y cuando esté en su mano, va a querer ser partícipe en la gestión energética para

reducir los costes de su factura o decidir en qué casos consumir o intercambiar energía al mismo tiempo que mejora la flexibilidad del sistema. En este punto aparecen nuevas economías como las *peer to peer* o las plataformas tecnológicas que te permiten digitalizar, automatizar o gestionar tu propia demanda hasta el punto de llegar a participar en el mercado.

Este conjunto de situaciones se traduce en el ya mencionado **empoderamiento del consumidor**, tanto doméstico como industrial, lo que significa que ahora se plantea una serie de necesidades e inquietudes que le colocan en el centro de las decisiones relacionadas, para poder ser partícipe del ambicioso proceso de transición ecológica y el cumplimiento de los objetivos climáticos nacionales e internacionales. Si todo esto se consigue, el consumidor y su nueva posición como agente activo y proactivo van a convertirse en una importante **palanca para impulsar la gestión de la demanda dentro de la transición energética**, con el potencial que se contempla más adelante en este informe.

Según el PNIEC 2021-2030, **la gestión de la demanda es el conjunto de acciones ejecutadas de forma directa o indirecta sobre la demanda de energía de los consumidores con el objetivo de modificar la configuración en el tiempo o la magnitud de los niveles de demanda de energía.**

En este contexto, es el consumidor final el que tiene la responsabilidad y el deber de ser partícipe de esta gestión para poder **hacer más flexible la curva de consumo** adaptándola a la generación.

De esta manera, son los nuevos hábitos e inquietudes del consumidor los que de manera natural le hacen partícipe a la hora de flexibilizar el consumo energético. Por un lado, puede llegar a contribuir en la flexibilización del lado de la generación energética (principalmente a través del autoconsumo) y, por otro lado, tiene en su mano contribuir en el lado de la flexibilización de la demanda. Para este segundo punto cuenta con un abanico más amplio de opciones que más adelante se describen.

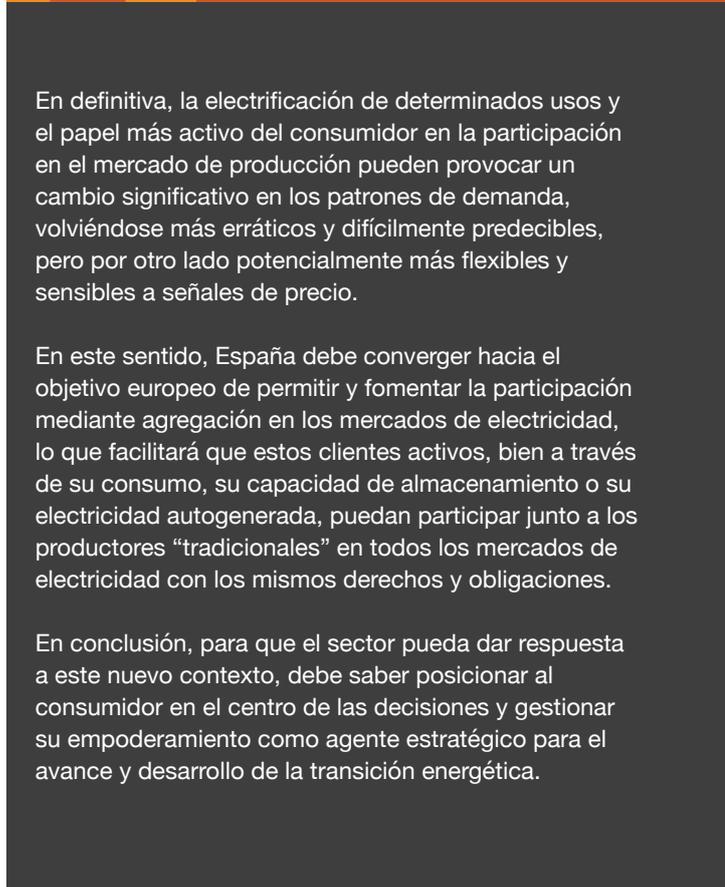
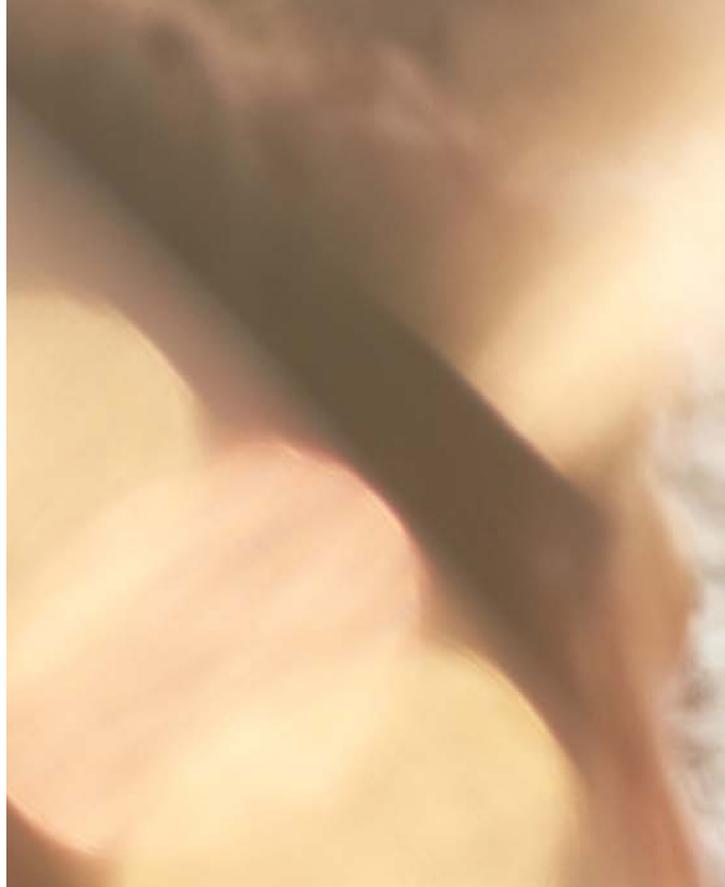
Por lo tanto, la suma del consumidor y de las herramientas que permitan tanto producir como gestionar su demanda, se convierte en una alternativa adicional para contribuir, de acuerdo a su potencial real, a la reducción de los picos de demanda, a la reducción de costes del sistema, y a un menor impacto del consumo energético sobre el medio ambiente gracias a la integración de las renovables, la mejora de la competitividad de los consumidores y la mejora de la eficiencia en el uso de los sistemas de generación, transmisión y distribución. Con esto, el consumidor puede cerrar el círculo a la hora de dar respuesta a las necesidades e inquietudes mencionadas más arriba.

Cabe destacar que en esta gestión también van a tener un papel importante otras entidades como las Administraciones Públicas, las compañías distribuidoras y las comercializadoras de energía. Autoridades como el Gobierno y entidades reguladoras deben dotar a estos agentes de un marco de actuación estable y sólido que les facilite convertirse en agentes catalizadores de este cambio.

En definitiva, la electrificación de determinados usos y el papel más activo del consumidor en la participación en el mercado de producción pueden provocar un cambio significativo en los patrones de demanda, volviéndose más erráticos y difícilmente predecibles, pero por otro lado potencialmente más flexibles y sensibles a señales de precio.

En este sentido, España debe converger hacia el objetivo europeo de permitir y fomentar la participación mediante agregación en los mercados de electricidad, lo que facilitará que estos clientes activos, bien a través de su consumo, su capacidad de almacenamiento o su electricidad autogenerada, puedan participar junto a los productores “tradicionales” en todos los mercados de electricidad con los mismos derechos y obligaciones.

En conclusión, para que el sector pueda dar respuesta a este nuevo contexto, debe saber posicionar al consumidor en el centro de las decisiones y gestionar su empoderamiento como agente estratégico para el avance y desarrollo de la transición energética.





# 2

## Aspectos aceleradores de la transformación del consumidor y nuevos modelos de negocio

**El consumidor va a evolucionar hasta convertirse en un agente activo y participativo en el sector energético. Estará en el centro de la toma de las decisiones del sector convirtiéndole en una palanca a tener en cuenta para la transición energética.**



Como hemos visto, el posicionamiento del consumidor dentro del sector energético es un importante reto que se debe afrontar y que puede suponer el principal impulsor de la integración de la gestión de la demanda en España.

Para este posicionamiento, es importante analizar las inquietudes que muestra el consumidor y cuáles van a ser los *drivers* o aceleradores del cambio que den respuesta a estas nuevas necesidades. Una vez se consiga, se estará dando un paso adelante para avanzar en la transición energética: un modelo más flexible y colaborativo que permita la integración de las renovables, el uso inteligente de la energía y un papel más activo de la globalidad de los consumidores. En definitiva, cumplir con los objetivos de descarbonización a largo plazo.

### **¿Qué capacidad tiene el consumidor para producir su propia electricidad renovable?**

En estos momentos, el consumidor quiere ser ya capaz de producir su propia energía e incluso alcanzar niveles que le permitan ser autosuficiente. Este sentimiento, como ya se ha comentado, viene dado, principalmente, por la nueva conciencia ambiental, por la volatilidad en el precio de la energía que está pagando y por la incertidumbre sobre las garantías del suministro eléctrico ante momentos de posibles apagones.

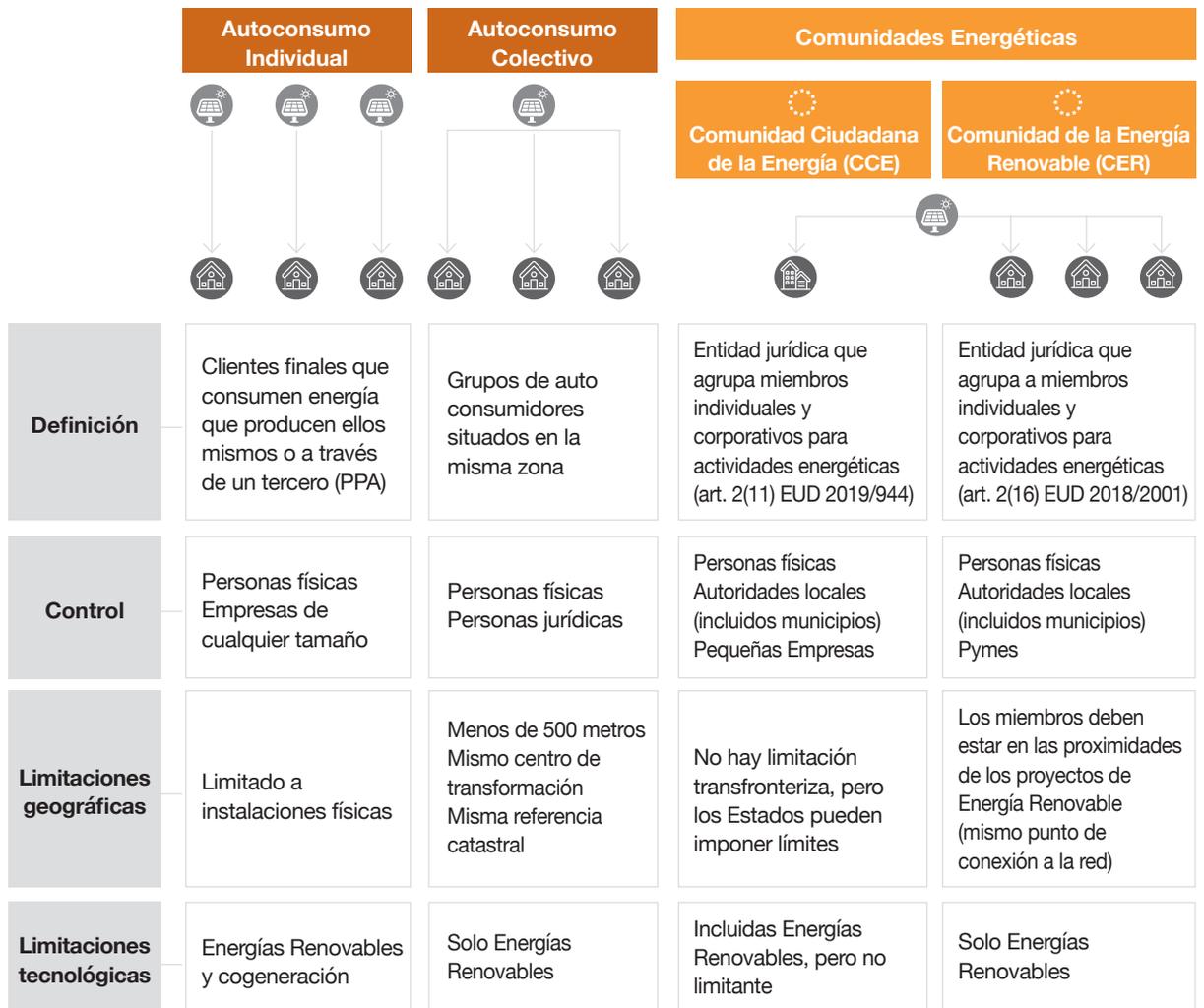
A día de hoy, los *drivers* que le van a facilitar la evolución hacia este nuevo rol de prosumidor son los siguientes:

- El autoconsumo individual o compartido.
- La participación en Comunidades Energéticas.



## Principales figuras en proyectos de autoabastecimiento

Fuente: Análisis de PwC



El autoconsumo, tal y como se conoce a día de hoy, se concibe como el sistema formado por una instalación para la generación de energía y por los consumidores asociados a dicha instalación, donde ambas entidades se ubican en sus proximidades. La instalación o instalaciones generadoras pueden realizarse con cualquier tecnología renovable para generación eléctrica, como pueden ser solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica, cogeneración renovable o biomasa eléctrica y puede tener asociado únicamente a un consumidor (autoconsumo individual) o a varios (autoconsumo colectivo). El sistema más común es el solar fotovoltaico y es el que, principalmente,

ha permitido al usuario ser autosuficiente a nivel energético. Esta tecnología es la que por definición ha “empoderado” al consumidor y se espera que se extienda en mayor medida en los próximos años.

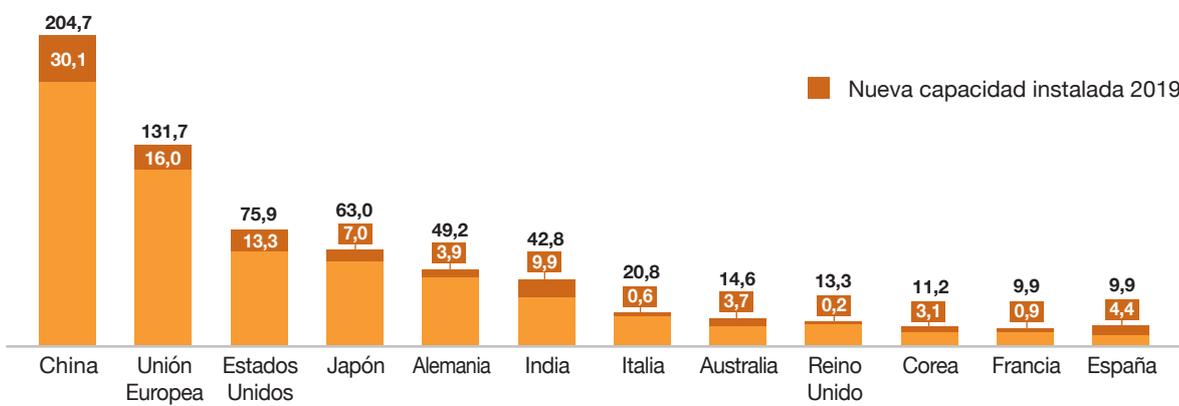
Sin embargo, en cualquiera de las configuraciones, el autoconsumo permite consumir de forma instantánea toda la producción de sus instalaciones de generación o bien volcar a la red la energía que, habiéndose generado, no sea consumida en ese momento.

España es uno de los líderes mundiales en el sector de las energías renovables. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), España está entre los diez principales países en penetración de energías renovables variables. Más concretamente, dentro de la generación eléctrica a partir de energía solar, se encuentra en el lugar número 11 según datos del informe “Key World Energy Statistics” de la AIE publicado en 2020.

Según el informe “Photovoltaic Power Systems Programme y Becquerel Institute (2020), Strategic PV Analysis and Outreach – 2020 Snapshot of Global PV Markets”, también de la AIE, España se posicionó en el 2019 como el primer país de la Unión Europea y octavo a nivel mundial en cuanto a nueva capacidad solar fotovoltaica instalada con 4,4 GW.

### Contexto internacional de la capacidad fotovoltaica instalada y acumulada (2019) [GW]

Fuente: IEA, Becquerel Institute y análisis de PwC

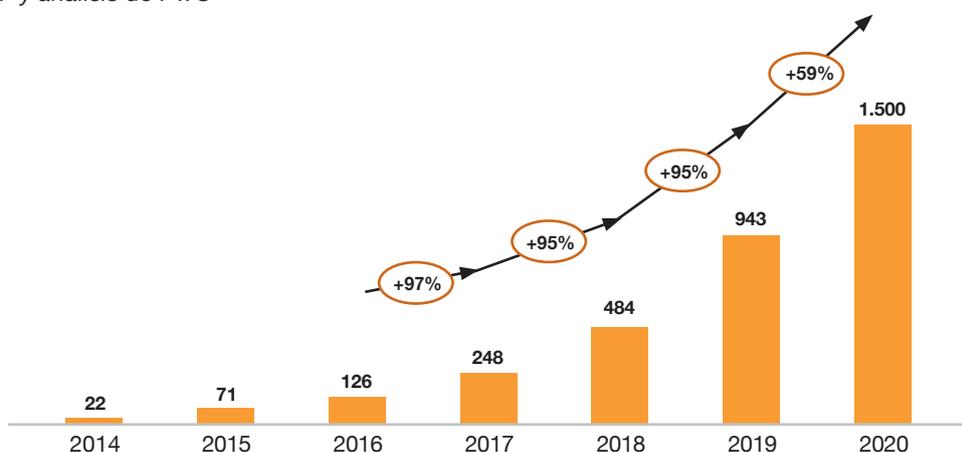


De la nueva capacidad solar instalada en nuestro sistema en 2019, 0,5 GW correspondieron a nueva potencia de autoconsumo en instalaciones aisladas. Este despunte en la instalación de nueva capacidad solar durante el pasado 2019 se debió principalmente a la puesta en marcha de proyectos licitados en 2017 para cumplir con las obligaciones de la UE, así como a la aparición de las primeras plantas con contratos a largo plazo PPA (*Power Purchase Agreement*) firmados, a la eliminación del denominado “impuesto del sol” y a la simplificación en la obtención de permisos y licencias dentro del

proceso de tramitación de este tipo de instalaciones renovables. En 2020, se instalaron en España cerca de 0,5 GW de autoconsumo solar llegando a alcanzar actualmente más de 1.500 MW (1,5 GW) acumulados. El crecimiento del autoconsumo solar en nuestro país se ha multiplicado por 2,5 desde 2018 y las solicitudes de instalaciones en los hogares españoles han aumentado un 47% en el tercer trimestre del 2021 en comparación con el mismo periodo del año anterior. Si se compara este dato con el del 2019, el crecimiento alcanza el 120%.

### Evolución de la capacidad solar FV distribuida instalada [MW]

Fuente: UNEF y análisis de PwC



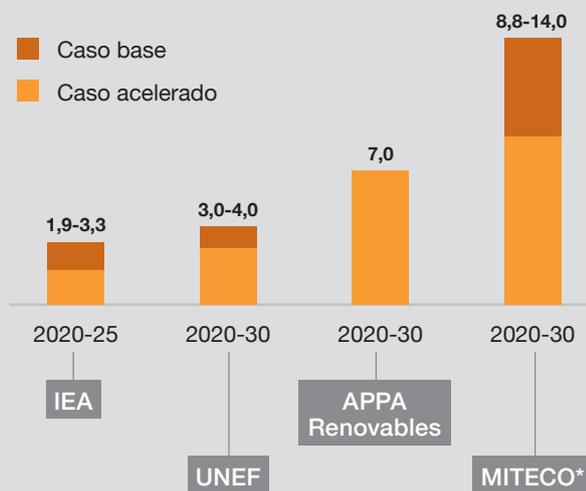
A nivel regulatorio, a diferencia de otras tecnologías y aplicaciones que aún necesitan de la creación de un marco normativo, el autoconsumo dispone de regulación desde el 2015, si bien ha sido principalmente desde 2018 que ha evolucionado hasta completar un entorno normativo que facilita el desarrollo del mismo. Destaca el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores y que introduce los principios que definen la actividad del autoconsumo y el Real Decreto-ley 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Con el objetivo de cumplir con los objetivos de penetración de renovables y facilitar el impulso de la consolidación del autoconsumo en nuestro país, el 16 de noviembre del 2021 el Gobierno, concretamente el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, publicó el borrador de la Hoja de Ruta de Autoconsumo. Este documento, junto con el resto de las hojas de ruta planteadas por este Ministerio, sienta las bases para la aplicación y optimización de las políticas y medidas establecidas en el PNIEC 2021-2030 y completa el actual Marco Estratégico de Energía y Clima. Más concretamente, esta hoja tiene como propósito definir las medidas y herramientas específicas para alcanzar los objetivos del PNIEC 2021-2030 definidos en puntos como la “Medida 1.4 Desarrollo del autoconsumo con renovables y la generación distribuida”, la “Medida 1.5. Incorporación de renovables

en el sector industrial” o la “Medida 1.14. Promoción del papel proactivo de la ciudadanía en la descarbonización”. Dentro de los objetivos nacionales a futuro, la Hoja de Ruta de Autoconsumo estima un potencial real a 2030 de 8,83 GW para un escenario objetivo y 14,01 GW para un escenario de alta penetración donde el mayor peso recae en el ámbito comercial (65,3% y 44,9%, respectivamente) seguido del residencial plurifamiliar (20,9% y 27,4%, respectivamente). Este potencial supera de una manera muy amplia al estimado por algunas de las principales asociaciones del sector. Hay que tener en cuenta que en todo momento se hace referencia tanto al autoconsumo individual como al compartido.

### Previsión de la capacidad fotovoltaica distribuida total según diferentes fuentes [GW]

Fuente: IEA, UNEF, APPA Renovables y análisis de PwC



\* Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico



El potencial de capacidad instalada para autoconsumo estimado por la Hoja de Ruta de Autoconsumo para el 2030 (teniendo en cuenta el caso base) equivaldrá a una producción de energía aproximada de 15.700 GWh en 2030.

Con estos datos, se estima que, aproximadamente, entre el 25 y el 40% del total de la capacidad instalada correspondería a instalaciones dentro del ámbito residencial doméstico, hasta alcanzar un volumen superior a 3,5 GW, lo que se traduce en una producción de energía aproximada de 6.287 GWh en 2030 repartida en unas 700.000 viviendas. El restante equivale a instalaciones en el ámbito industrial y comercial alcanzando una capacidad instalada de 5,2 GW para la producción de 9.422 GWh en 2030.

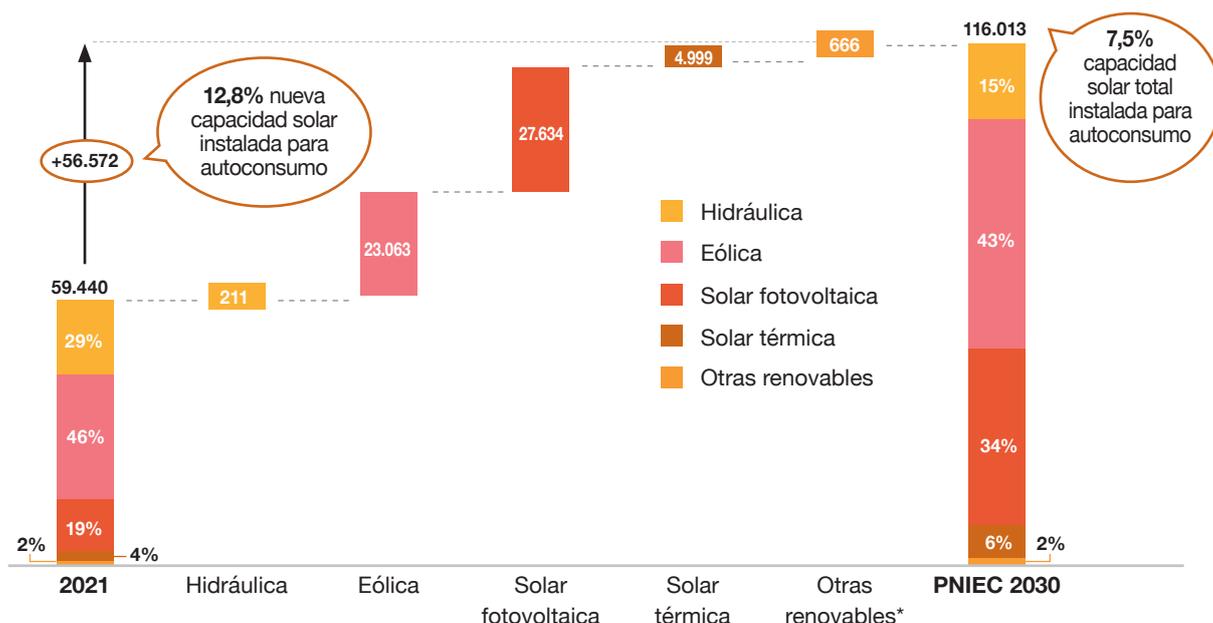
# La nueva capacidad instalada de generación solar para autoconsumo en 2030 supondrá un 5,5% del parque de generación total necesario según los objetivos del PNIEC 2021-2030.

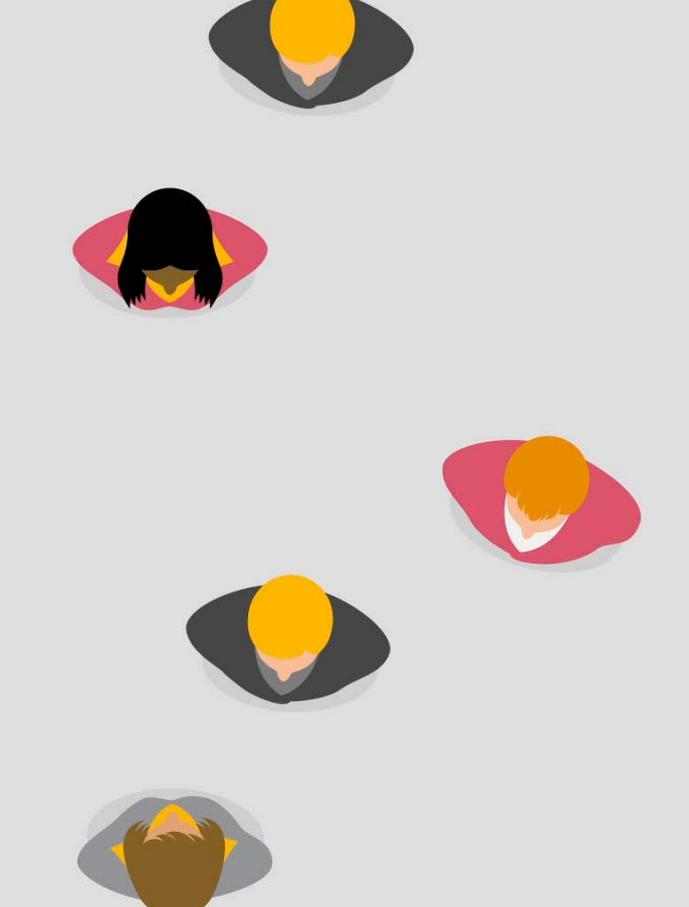
Teniendo en cuenta las estimaciones del *mix* del parque de generación a 2030 aportadas por el PNIEC 2021-2030, la nueva capacidad solar instalada para autoconsumo supondrá el 12,9% del total de la nueva capacidad renovable que se tiene que instalar

en la próxima década. Esto implica que a 2030 el total de las instalaciones de autoconsumo supondrán un 5,5% sobre el parque de generación total (160 GW) y un 7,5% sobre el parque renovable (116 GW).

## Nueva potencia renovable a instalar para cumplir con el PNIEC a 2030 [MW]

Fuente: REE, PNIEC 2021-2030 y análisis PwC





A nivel de generación energética, el volumen de energía que aportarían las instalaciones de autoconsumo al sistema (15.709 GWh), tanto en el ámbito doméstico como en el industrial y comercial, podría cubrir aproximadamente el 5,6% del total de la demanda eléctrica estimada para dicho año (280,4 TWh en 2030 a nivel nacional para el escenario objetivo).

Cabe destacar que toda esta generación eléctrica contribuirá a aplanar la curva de la demanda energética, ya sea dando respuesta a las necesidades de autoconsumo de los propios usuarios (que en ese momento dejarán de consumir energía de la red), como vertiendo los excedentes de energía a la red eléctrica. Cuando estos excedentes se produzcan a la vez, implicarán todo un reto para la gestión de la misma ya que deberá de ser capaz de absorber grandes volúmenes de energía excedentaria en un breve periodo de tiempo.

El PNIEC 2021-2030 destaca que el desarrollo del autoconsumo va a favorecer nuevas fuentes de inversión en la descarbonización, una mejor integración y aceptación de las infraestructuras energéticas en el territorio, la reducción de pérdidas por transporte y distribución, el aprovechamiento del espacio urbano para la generación renovable, la mitigación de la pobreza energética, una mayor concienciación energética y climática en la sociedad y el surgimiento de nuevos modelos de negocio.

En este sentido, cabe destacar el importante papel que están jugando las ayudas recogidas en el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** (PRTR), que recoge incentivos específicos para el desarrollo del sector del autoconsumo en nuestro país y de este modo impulsar su crecimiento con el fin de poder alcanzar las metas establecidas a 2030. Concretamente, el PRTR cuenta dentro de la componente 7 con una línea de inversión específica, la C7.11, para el “Desarrollo de energías renovables, innovadoras, integradas en la edificación y en procesos productivos” que identifica el “impulso del autoconsumo eléctrico” con líneas de ayuda dirigidas al autoconsumo en la industria, sector servicios, administraciones públicas y viviendas. En este sentido, en julio de 2021 se aprobó una línea específica de 660 M€ para seis programas de incentivos de autoconsumo, almacenamiento y usos térmicos de energías renovables que están siendo gestionadas por las Comunidades Autónomas (CC.AA.) bajo la supervisión del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y cuya vigencia finaliza en diciembre de 2023.



Sin embargo, a pesar de los objetivos ambiciosos marcados para 2030 y de los incentivos que se están poniendo en marcha para el despliegue del autoconsumo en España, existen actualmente retos que son necesarios solventar para asegurar la realidad del despliegue masivo de las soluciones de autoconsumo tanto en consumidores domésticos como industriales o del sector servicios. Especialmente, destaca la mejora de la agilidad y la eficiencia en la gestión de instalaciones de autoconsumo. En este sentido, es necesario seguir trabajando tanto en la simplificación de las tramitaciones como en otras medidas regulatorias que puedan mejorar la agilidad en la tramitación de las instalaciones. Cabe recordar que la diferencia en la tipología de viviendas entre España y otros países (en

España predominan los edificios de viviendas frente a las casas unifamiliares más características en otros países), es una razón de peso a la hora de justificar por qué la penetración del autoconsumo es más compleja que en otros lugares. Es decir, en edificios con diferentes propietarios resulta más difícil encontrar un consenso a la hora de llevar a cabo estas instalaciones.

El mismo Paquete de Invierno indica que se debe tener en cuenta la contribución de los autoconsumidores a la consecución del objetivo en materia de clima y energía y los costes y beneficios que generan en el sistema energético en su conjunto, en vez de exponerle a cargas o costes discriminatorios o desproporcionados o exigirles cargos injustificados (sí se les puede responsabilizar de cargos no discriminatorios y proporcionados para garantizar la viabilidad financiera del sistema eléctrico). También pone de manifiesto la necesidad de orientar a los solicitantes a lo largo del procedimiento administrativo de solicitud y concesión de permisos por medio de puntos de contacto administrativo que reduzcan la complejidad para los promotores de proyectos y así aumentar la eficiencia y la transparencia de cara a los autoconsumidores.

En definitiva, el autoconsumo es una realidad por la que apuesta tanto el consumidor como las Administraciones Públicas y el resto de agentes que conforman el sector y que es necesario seguir apoyando, tanto desde la perspectiva más económica, como regulatoria y administrativa con el fin de asegurar el éxito en el objetivo de conseguir una penetración masiva de este tipo de soluciones que permitan al consumidor final generar su propia electricidad, autoconsumirla y verter a la red aquella que le sobra en un momento dado y que no puede ni consumir ni almacenar.

# El autoconsumo en Australia

Australia es uno de los países con **mayor radiación solar del mundo** por lo que cuenta con un amplio potencial en cuanto a la generación de energía de origen solar.

A pesar de que, a nivel global se posiciona como el octavo país con mayor capacidad fotovoltaica instalada en 2019 (con 3,7 GW) y el séptimo en capacidad fotovoltaica instalada acumulada (con 14,6 GW) y que países como Reino Unido o Alemania, cuyo clima es menos propicio para esta tecnología, poseen mayor capacidad instalada que Australia, **este país se caracteriza por una elevada penetración de la generación eléctrica solar para autoconsumo en el sector residencial y comercial.**

El aprovechamiento de la energía solar en Australia es un hecho relativamente reciente. Mientras que ha sido la fuente de energía con mayores tasas de crecimiento en la última década, concentrándose fundamentalmente en los últimos 5 años, en el año 2006 la producción de energía solar era nula y ha llegado a alcanzar en el 2020 los 22.528 GWh (generación tanto en centrales como para autoconsumo).

Para el caso del autoconsumo a pequeña escala (<100 kW), el año 2019 supuso el año récord en la instalación de paneles solares fotovoltaicos y la capacidad instalada de energía solar a pequeña escala se vio incrementada en más de 2,2 GW en el conjunto del país, lo que representa un crecimiento de un 35% con respecto al 2018. Por otro lado, **en los últimos 6 años la capacidad del conjunto de instalaciones residenciales y comerciales se ha visto incrementada desde los 3 GW hasta los 10 GW.** Dos tercios de dicha cifra corresponde al ámbito residencial y el tercio restante al ámbito comercial.

El principal diferencial de este caso de éxito es que mientras en países como España el despliegue de la energía solar se caracteriza por las instalaciones a gran escala (centrales fotovoltaicas de más de 1 MW) en Australia lo hace en proyectos de pequeña escala como son las instalaciones de autoconsumo en el sector residencial y comercial, principalmente.

Prueba de ello es que, en cuanto a la contribución al *mix* eléctrico, **la energía solar fotovoltaica a pequeña escala contribuye al *mix* eléctrico general con un 6,4%** frente al 3% de la energía solar a gran escala y el 0,4% de la mediana escala. Esto indica que, aunque la contribución total de la energía solar sea escasa (9,8%), la gran mayoría está liderada por el autoconsumo de los proyectos de pequeña escala.

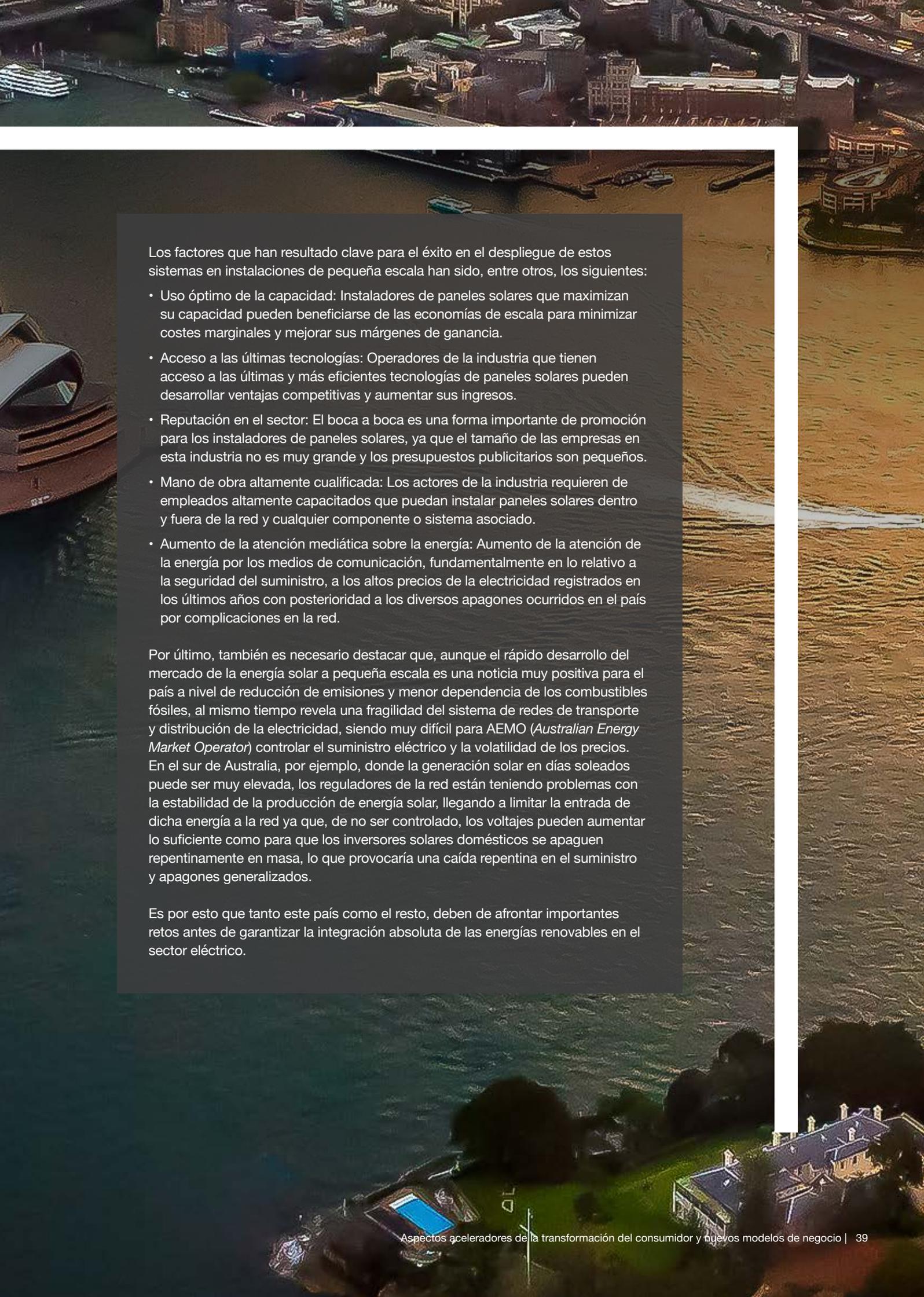
### Generación (datos del 2020) y capacidad instalada por tecnología (datos 2019)

Fuente: ICEX, Clean Energy Council y análisis de PwC

	Generación anual [GWh]	Capacidad total acumulada [MW]	Incremento anual de capacidad [MW]
Solar Pequeña escala	14.809	10.600	21%
Solar Mediana escala	868	403	40%
Solar Gran escala	6.835	2.800	51%
Termosolar	16	9	0%
<b>Total</b>	<b>22.528</b>	<b>13.812</b>	<b>3.770</b>

En este país, se estima que en enero del 2020 2 millones de viviendas y empresas que pertenecen al NEM (National Electricity Market) habían instalado sistemas solares fotovoltaicos. En el 2019, la capacidad solar total instalada a pequeña escala en el NEM alcanzó los 10.600 MW (recordemos que, según datos de la UNEF, en España se estimaba en 2019 una potencia instalada acumulada para autoconsumo de 943 MW). Esta capacidad instalada supone un 17% de la capacidad total del NEM y estos sistemas llegaron a cubrir un 5% de las necesidades energética del NEM para ese año. La tasa anual de crecimiento de capacidad instalada es del 3%.

El elevado número de instalaciones de paneles solares fotovoltaicos en cubiertas está suponiendo un importante cambio en el perfil de consumo eléctrico y en la demanda de energía, fundamentalmente en el segmento residencial. Los patrones de demanda están cambiando ya que cada vez más clientes generan su propia electricidad a través de instalaciones fotovoltaicas en sus tejados. Por tanto, cuanto mayor es la penetración de paneles fotovoltaicos en cubiertas, menor es el consumo eléctrico en el NEM durante las principales horas de sol, ya que en ese tiempo son capaces de autoabastecerse de su propia energía. Esto implica una variación en la curva de demanda, con la aparición de profundas curvas de pato (*duck curves*). Así, entre 2009 y 2019, en el estado de Australia del Sur (el estado con mayor grado de penetración de paneles fotovoltaicos a pequeña escala), la variación del consumo en el NEM ha llegado a disminuir hasta un 33% la demanda durante las principales horas del día. Además, **se prevé que el consumo eléctrico en el estado de Australia del Sur pueda experimentar una caída del 0,5 % anual durante los próximos 20 años, como consecuencia de la alta penetración de los sistemas de autogeneración solar fotovoltaicos.**



Los factores que han resultado clave para el éxito en el despliegue de estos sistemas en instalaciones de pequeña escala han sido, entre otros, los siguientes:

- **Uso óptimo de la capacidad:** Instaladores de paneles solares que maximizan su capacidad pueden beneficiarse de las economías de escala para minimizar costes marginales y mejorar sus márgenes de ganancia.
- **Acceso a las últimas tecnologías:** Operadores de la industria que tienen acceso a las últimas y más eficientes tecnologías de paneles solares pueden desarrollar ventajas competitivas y aumentar sus ingresos.
- **Reputación en el sector:** El boca a boca es una forma importante de promoción para los instaladores de paneles solares, ya que el tamaño de las empresas en esta industria no es muy grande y los presupuestos publicitarios son pequeños.
- **Mano de obra altamente cualificada:** Los actores de la industria requieren de empleados altamente capacitados que puedan instalar paneles solares dentro y fuera de la red y cualquier componente o sistema asociado.
- **Aumento de la atención mediática sobre la energía:** Aumento de la atención de la energía por los medios de comunicación, fundamentalmente en lo relativo a la seguridad del suministro, a los altos precios de la electricidad registrados en los últimos años con posterioridad a los diversos apagones ocurridos en el país por complicaciones en la red.

Por último, también es necesario destacar que, aunque el rápido desarrollo del mercado de la energía solar a pequeña escala es una noticia muy positiva para el país a nivel de reducción de emisiones y menor dependencia de los combustibles fósiles, al mismo tiempo revela una fragilidad del sistema de redes de transporte y distribución de la electricidad, siendo muy difícil para AEMO (*Australian Energy Market Operator*) controlar el suministro eléctrico y la volatilidad de los precios. En el sur de Australia, por ejemplo, donde la generación solar en días soleados puede ser muy elevada, los reguladores de la red están teniendo problemas con la estabilidad de la producción de energía solar, llegando a limitar la entrada de dicha energía a la red ya que, de no ser controlado, los voltajes pueden aumentar lo suficiente como para que los inversores solares domésticos se apaguen repentinamente en masa, lo que provocaría una caída repentina en el suministro y apagones generalizados.

Es por esto que tanto este país como el resto, deben de afrontar importantes retos antes de garantizar la integración absoluta de las energías renovables en el sector eléctrico.

Mientras que el autoconsumo con carácter general, y el autoconsumo colectivo en particular, son herramientas con un especial potencial para activar la participación ciudadana en la transición energética, estas posibilidades de participación se multiplican cuando tenemos en cuenta las Comunidades Energéticas (CCEE). A través del autoconsumo, el ciudadano cambia de rol y, de una manera flexible y dinámica, interviene en la generación de energía que además gestiona de forma coordinada con su consumo gracias a figuras como las de las CCEE.

El concepto de CCEE puede llegar a recoger múltiples actividades relacionadas con la gestión de la energía comunitaria como es la generación y el autoconsumo energético (donde el autoconsumo individual y colectivo surgen como configuraciones para dar cabida a la generación distribuida), la eficiencia energética, la infraestructura de recarga de vehículos, los sistemas de almacenamiento, la gestión activa de la demanda o la gestión digital de la energía. A nivel regulatorio, las CCEE fueron reconocidas por la UE bajo dos figuras:

- **Comunidad de Energías Renovables (CER).** Se define este tipo de comunidad como “una entidad jurídica que, con arreglo al Derecho nacional aplicable, se basa en la participación abierta y voluntaria, sea autónoma y esté efectivamente controlada por socios o miembros que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dicha entidad jurídica y que esta haya desarrollado; cuyos socios o miembros sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios; cuya finalidad primordial sea proporcionar beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus socios o miembros a las zonas locales donde opera, en lugar de ganancias financieras”.
- **Comunidad Ciudadana de Energía (CCE).** Se define este tipo de comunidad como “una entidad jurídica que se basa en la participación voluntaria y abierta, cuyo control efectivo lo ejercen socios o miembros que sean personas físicas, autoridades locales, incluidos los municipios o pequeñas empresas, cuyo objetivo principal consiste en ofrecer beneficios

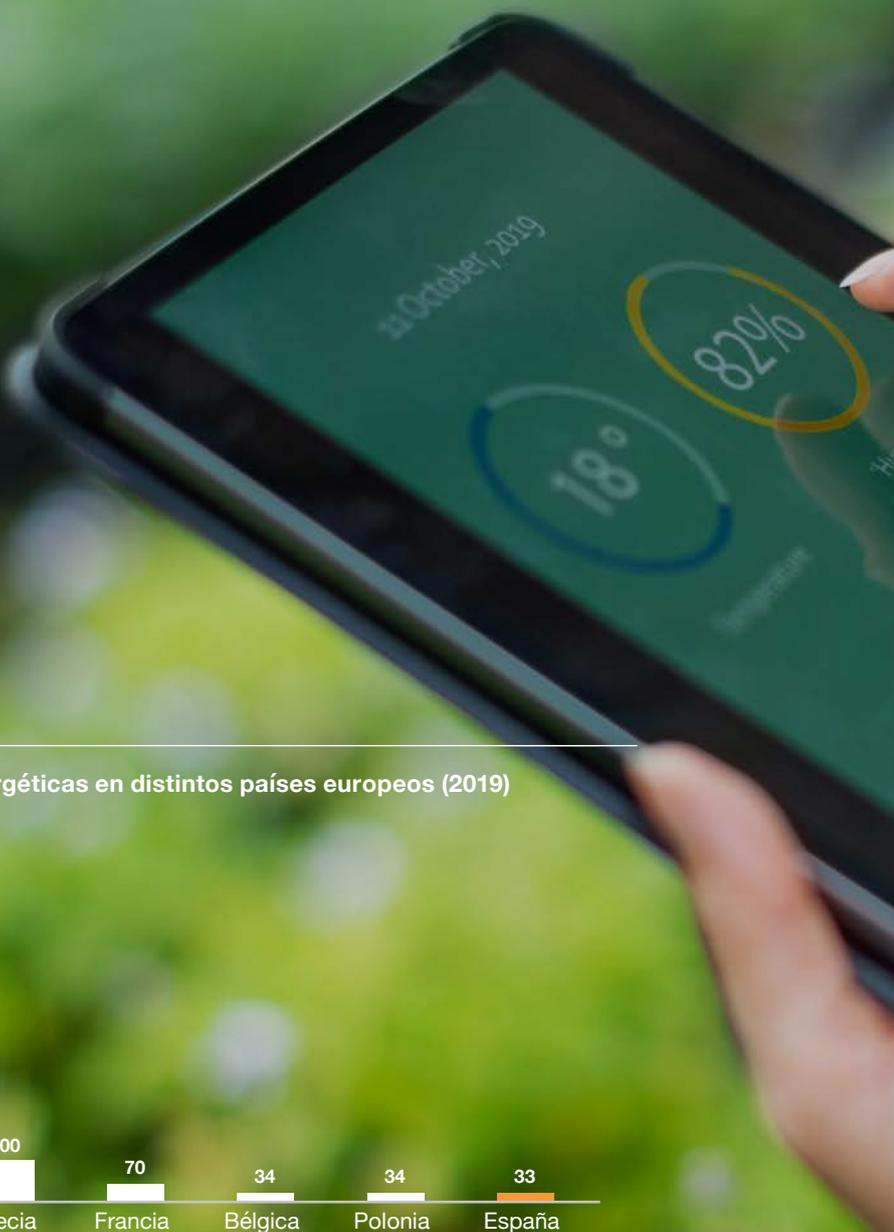
### Resumen de las principales diferencias entre ambas definiciones de CCEE

Fuente: Análisis de PwC

	CER	CCE
<b>Regulación aplicable</b>	Artículos 2 y 22 de la Directiva UE 2018 / 2001 sobre el fomento uso energías renovables	Artículos 2 y 16 de la Directiva UE 2019 / 944 sobre el mercado interior de la electricidad
<b>Socios Miembros</b>	Socios o miembros que sean personas físicas, pymes o autoridades locales, incluidos los municipios	Abierta a todas las categorías de entidades
<b>Tipo de participación</b>	Abierta y voluntaria	Abierta y voluntaria
<b>Control efectivo</b>	El control efectivo se ejerce por parte de los miembros que se encuentren en las proximidades de la instalación. La CER tiene autonomía frente a miembros individuales y otros actores del mercado tradicional que participen en la comunidad como miembros o accionistas	Lo ejercen los socios o miembros. Las competencias de decisión están reservadas a aquellos que no participen en una actividad económica a gran escala y para los cuales el sector de la energía no sea su ámbito de actividad económica principal
<b>Autonomía</b>	Sí	N/A
<b>Vector energético</b>	Todas las fuentes de EERR	Electricidad
<b>Fuentes de energía renovable</b>	Sí	No necesariamente
<b>Limitación geográfica</b>	Proximidad geográfica entre la generación y el consumo, los miembros deben estar en las proximidades de los proyectos de energía renovable	No hay necesidad de proximidad geográfica entre generación y consumo, no hay limitación transfronteriza

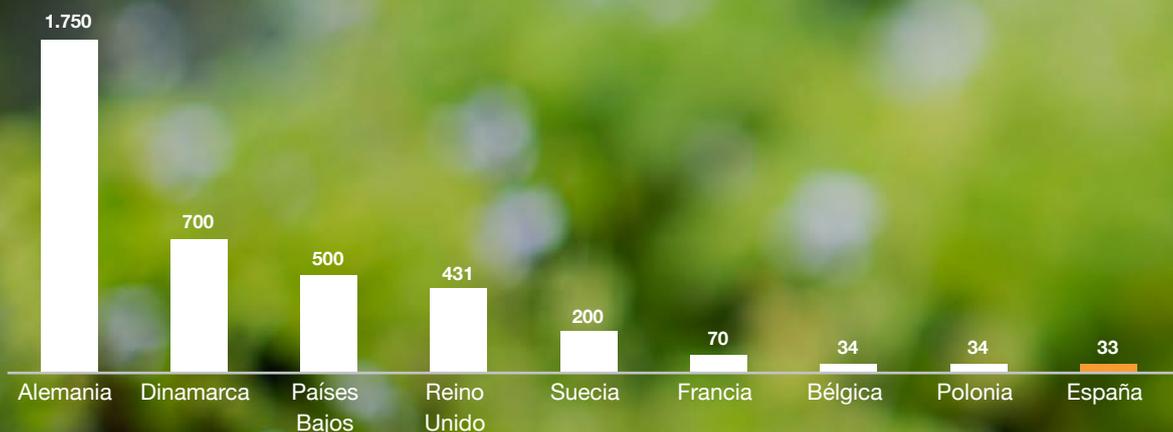
medioambientales, económicos o sociales a sus miembros o socios o a la localidad en la que desarrolla su actividad, más que generar una rentabilidad financiera. Además, participa en la generación, incluida la procedente de fuentes renovables, la distribución, el suministro, el consumo, la agregación, el almacenamiento de energía, la prestación de servicios de eficiencia energética o, la prestación de servicios de recarga para vehículos eléctricos o de otros servicios energéticos a sus miembros o socios”.

Una CCEE bien gestionada supone múltiples beneficios ya que pueden proporcionar flexibilidad y, cuando se conectan al sistema de energía principal, aumentan la confiabilidad y resistencia de todo el sistema, además de los beneficios socioeconómicos para la comunidad local que se suma al consumo de energía renovable de bajo coste. Todas estas actividades son contempladas desde un punto de vista de comunidad de manera que la energía distribuida se convierte en un elemento clave a la hora de involucrar activamente a los ciudadanos en la conciencia del consumo y de la gestión energética.



### Nº aproximado de iniciativas de Comunidades Energéticas en distintos países europeos (2019)

Fuente: Joint Research Center y análisis de PwC



En España las CCEE están menos desplegadas que en otros países europeos debido, especialmente, a la necesidad de un modelo regulatorio que las contemple y la aparición de los modelos de negocio que las hagan viables. Si bien el 17 de noviembre del 2020 el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico abrió un proceso de consulta pública para el desarrollo de CCEE locales, a día de hoy su figura está únicamente recogida a partir del Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica. Cabe destacar que este real decreto-ley únicamente regula la figura de la CER, a las que se aplica la regulación del autoconsumo colectivo, quedando pendiente de regulación la figura del CCE.

En la actualidad, existen más de 4.000 proyectos comunitarios que proporcionan energía a través de CCEE, principalmente en Australia, Europa y Estados Unidos. En Europa las CCEE se están desarrollando progresivamente, pero destaca Alemania como el país con un mayor despliegue que el resto según datos proporcionados por el informe de *Joint Research Centre (JRC)* titulado “*Energy communities: an overview of energy and social innovation*”.

En los países europeos con mayor despliegue, al igual que sucede en España, no cuentan con una figura de la CER desarrollada normativamente donde se definan en detalle los requisitos de constitución, modelos operativos, integrantes, actividades desarrolladas, etc. Sin embargo, en algunos de ellos sí que se encuentra reconocida esta figura con el compromiso de establecer un marco legislativo sólido en el corto plazo.

Algunos ejemplos de los programas para el fomento de las CCEE en estos países europeos son los siguientes:

- Reino Unido cuenta con la estrategia “*Community Energy Strategy*” que destaca la figura de la *Community Energy* incorporando aspectos como la acción colectiva con el objetivo de producir, comprar y gestionar energía. Esta estrategia, actualizada en 2015, establece también que los proyectos comunitarios que se realicen bajo este marco deberán hacer hincapié en la participación y control local, el liderazgo y el beneficio colectivo de los miembros o socios que constituyan dicha agrupación.

- Francia definió por primera vez la figura de Comunidad de Energía Renovable en la “*Loi Énergie Climat*”, una ley aprobada el 8 de noviembre de 2019 donde se definen los objetivos para la política climática y energética francesa. El artículo 40, concretamente, es el que establece su constitución y funcionamiento como entidad jurídica autónoma indicando también el tipo de participación, el control por parte de los miembros, las actividades que pueden desarrollar, etc.
- Alemania por su parte, aunque no cuenta con una normativa oficial por parte del Gobierno, en 2013 se definió el término “*Bürgerenergie*” que hace referencia a una nueva idea basada en un cambio energético hacia estructuras más descentralizadas a través de la aplicación de una serie de valores democráticos, sociales y ecológicos. Al mismo tiempo, se caracteriza por asentarse sobre bases similares que las CER.
- El estado de California, de forma previa a Europa, definió en 2008 las CCEE como “comunidades vanguardistas en las que la tecnología de energía renovable desempeña un papel principal a la hora de satisfacer la demanda de sus residentes, con la posibilidad de verter el exceso de energía a la red u a otra comunidad. Como mínimo esta comunidad tendrá que integrar modelos de transporte con vehículos avanzados, generación local de energía renovable, así como incorporar prácticas de vida sostenibles” a través del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (*National Renewable Energy Laboratory*).

Concretamente en España, en donde actualmente el 16% de los usuarios estaría interesado en ser copropietario de una instalación renovable financiada por particulares, según el PRTR (Componente 7), la Hoja de Ruta de Autoconsumo establece el impulso de las CCEE como una medida para el despliegue del autoconsumo y el propio PNIEC 2021-2030 propone instrumentos y medidas para facilitar y reforzar el papel de las CCEE locales. Indica que se va a evaluar los obstáculos existentes y el potencial de crecimiento y se va a elaborar un marco facilitador que permita fomentar y promover su desarrollo.

## Ejemplos de proyectos de CCEE en España

Fuente: Análisis de PwC

	Ubicación	Año de fundación	Características
<b>Seneo</b>	Ontinyent (Valencia)	2014	SENEO se fundó en Ontinyent en 2013 por un reducido grupo de personas buscando una alternativa al actual modelo energético. Se constituyó como cooperativa de consumidores y usuarios sin ánimo de lucro con intención de dedicar la principal actividad de SENEO a la comercialización de energía eléctrica certificada 100% renovable
<b>Hacendera Solar</b>	Castilfrío de la Sierra (Soria)	2019	Hacendera Solar es la primera CCEE rural de España. Ubicada en Castilfrío de la Sierra, en Soria, cuenta con dos plantas solares fotovoltaicas de 7,36 y 5,5 kWp para autoconsumo que se han instalado sobre las cubiertas de dos edificios municipales. <b>Cubrirá parte de la demanda eléctrica del municipio, concretamente 13,64 MWh anuales</b> en su primera fase, y ayudará a reducir las emisiones de carbono y el gasto energético de la localidad. Es un proyecto impulsado por Grupo Red Eléctrica, la cooperativa Megara Energía, el ayuntamiento de Castilfrío de la Sierra y Caja Rural de Soria
<b>Enciende la Luz de tu Barrio</b>	Valencia	2020	Iniciativa para la promoción del autoconsumo colectivo de energías renovables, concretamente de generación fotovoltaica, entre la ciudadanía de los barrios de Aiora y L'Illa de Valencia mediante varias instalaciones fotovoltaicas de entre 20 y 30 kWp gestionadas por la ciudadanía. La iniciativa ha sido impulsada por el Ayuntamiento de Valencia, a través de la <i>Fundació València Clima i Energia</i>
<b>Energía Bonita</b>	La Palma (Islas Canarias)	2020	Se trata de una CER formada por personas, pymes y administraciones locales de La Palma que quieren producir y consumir energía renovable local y de propiedad de las personas de la isla. Uno de los primeros proyectos será una instalación solar de autoconsumo colectivo de 100 kW en San Andrés y Sauces. Las personas a menos de 500 metros de la instalación podrán beneficiarse de ella
<b>Comunidad Energética COMPTM</b>	Crevillent (Alicante)	2020	Se trata de una cooperativa eléctrica que va a convertir Crevillent en una CCEE local pionera de referencia en Europa fomentando el consumo colectivo en edificios públicos y privados y con la instalación de paneles digitales para contener la información energética del municipio. La potencia de autoconsumo a instalar hasta 2030 es de 5 MW





Para el despliegue de las CCEE, existen una serie de **drivers de su mercado potencial que van a marcar el éxito de estas comunidades en España**. Estos *drivers* se resumen de la siguiente manera:

- **Número de personas y empresas.** Este número va a definir el tipo de CCEE ya que en función del número de participantes la comunidad tendrá diferentes características y potencial de desarrollo (residencial, industrial...).
- **Tipo de municipio.** Características como el tamaño del municipio, el número de habitantes, el tipo de viviendas, la demografía, el nivel socioeconómico y de industrialización, el tipo de energía consumida o el rendimiento solar de la región son aspectos fundamentales a la hora de definir la comunidad.
- **Dimensionamiento del autoconsumo** (economía de escala). La potencia de generación a instalar dependerá del tamaño y número de consumidores. Aquellas CCEE con mayores potencias podrán negociar con economías de escala y, por lo tanto, reducir de manera proporcional los costes de las instalaciones.
- **El perfil de consumo y los excedentes.** El perfil de consumo de los participantes (residenciales, industriales, comerciales o mixtos) influirá en la capacidad de aprovechar la energía generada y optimizar los excedentes vertidos a la red ya que estos excedentes jugarán un importante papel a la hora de determinar el business case de la comunidad.
- **Evolución del precio del mercado a futuro.** En relación con el punto anterior, la variación de los precios del *pool* a futuro será determinante para la implantación y rentabilidad de las CCEE en España. Por poner un ejemplo, la penetración de las energías renovables puede producir una bajada en los precios capturados por la energía solar y por tanto un menor precio de venta de los excedentes de la comunidad. Este efecto, sin embargo, se podría ver compensado por sistemas de almacenamiento siempre y cuando la madurez de esta tecnología consiga reducir su importe.
- **Evolución de la regulación.** Concretamente, la regulación de los costes regulados será determinante en la competitividad de las CCEE, dado que puede reducir las cargas soportadas por estas en comparación con la factura eléctrica. En función de esto, la sociedad mostrará más o menos interés por estas comunidades.



Por último, y muy en línea con los *drivers* que marcarán el mercado potencial de las CCEE, a continuación, se identifican los principales retos que se debe hacer frente para garantizar y acompañar al despliegue de estas comunidades en España:

- A nivel regulatorio, las directivas vigentes **no dan respuesta a todas las necesidades de las CCEE**. Por poner un ejemplo, mientras no exista legislación específica para ellas, se aplicarán las reglas definidas para el autoconsumo colectivo lo que supone una serie de limitaciones. Es importante solventar las barreras o vacíos normativos que impiden la participación de las CCEE locales en el sistema con el desarrollo de los marcos normativos apropiados para permitir la completa evolución y transformación de las CCEE y su integración en el sistema energético.
- A nivel administrativo, es relevante la complejidad administrativa y la dificultad para conseguir la escalabilidad de las CCEE, hecho que dificulta su despliegue. Por un lado, **la constitución, puesta en marcha y gestión de una CCEE es compleja y requiere de conocimiento específico del sector energético y la regulación aplicable** que generalmente no posee un agente interesado

en formar parte de una CCEE. A esto se le suma unos trámites administrativos tediosos que suelen demorarse en el tiempo.

- A nivel modelo de negocio, las definiciones que existen, y en paralelo su regulación, son muy limitadas por lo que dificulta tener una referencia sobre cómo conformar de manera más óptima una de estas comunidades. Se deben definir aspectos como la metodología de reparto de energía, la permisión de la coexistencia de contratos de suministro con la comunidad y con la comercializadora o la determinación de obligaciones de las CCEE en cuanto a seguridad y calidad de suministro, entre otros. Contar con proyectos de demostración que cubran las casuísticas más amplias posibles para el conocimiento e interés de la ciudadanía también es un punto diferencial a la hora de impulsar el despliegue de estas CCEE.

# Proyecto Sunchain (Francia)

Se trata de un proyecto en el ámbito de las comunidades energéticas en el cual se ha creado un mercado de energía verde donde los productores venden directamente a los consumidores la energía de origen solar (*peer to peer trading*). Basándose en tecnologías *blockchain* e IoT, Sunchain gestiona los intercambios de energía dentro de las CCEE locales, reuniendo a productores, consumidores y prosumidores. Los datos de producción y consumo se registran mediante *blockchain* y, por medio de medidores inteligentes, se asigna energía a cada uno de los participantes. El objetivo es el de maximizar las ganancias para todos los participantes y obtener datos diarios del consumo para una mejor gestión de la electricidad, mientras se fomenta el uso de la energía solar entre los consumidores domésticos.



# Proyecto ECOPOWER (Bélgica)

Ecopower es una iniciativa que nació en los años 90 como un proyecto de *cohousing* en un antiguo molino de agua para invertir en las energías renovables y luchar contra la energía nuclear. Con el paso de los años, ha evolucionado sustancialmente hasta constituirse bajo la forma jurídica de cooperativa y, en la actualidad, cuenta con 60.000 socios que poseen capacidad de voto en la asamblea general que les regula.

Esta cooperativa está basada en servicios como la producción renovable mediante soluciones fotovoltaicas, plantas minihidráulicas y plantas de cogeneración donde la energía se dedica al consumo de los usuarios (entorno residencial, pymes y administraciones públicas) y los excedentes se emplean para la carga de vehículos eléctricos y de baterías de la comunidad en lugar de venderlas al mercado. Para poder gestionar este ecosistema, cuentan con una aplicación web “Energie ID” donde se almacenan los datos de los usuarios de la comunidad para disponer de información de la producción, la demanda y del intercambio de energía entre los consumidores.

A día de hoy, **la cooperativa proporciona cerca del 1,64% de la electricidad doméstica de Flandes** con 23 turbinas eólicas, 3 pequeñas instalaciones de energía hidráulica, 1 instalación de cogeneración y 322 instalaciones descentralizadas de fotovoltaica solar en cubiertas de escuelas, edificios públicos y hogares.

## ¿Qué herramientas tiene el consumidor para poder gestionar su consumo eléctrico de manera eficiente e inteligente?

Una vez el consumidor es capaz de producir su propia electricidad que posteriormente es consumida en sus instalaciones, el consumidor se plantea ir un paso más allá en donde se cuestiona cómo puede gestionar esa electricidad de una manera más eficiente e inteligente. Es decir, una vez cubre su capacidad de participar en la producción de la generación de energía, también se cuestiona cómo puede participar en la flexibilidad de su demanda.

En este sentido, los sistemas de almacenamiento actuales podrían llegar a ser capaces de responder a esta nueva necesidad que le está surgiendo a los consumidores más activos en la gestión de su demanda.

Los sistemas de almacenamiento permiten diferir el consumo de energía almacenando la electricidad excedentaria en momentos de baja demanda para trasladar su uso a momentos en los que no se disponga de producción renovable con lo que la curva de consumo se desplaza porque en los momentos de alta demanda y nula producción renovable, es capaz de consumir la energía que ha almacenado. Al mismo tiempo, permiten reducir el consumo en horarios más caros (tarde-noche) puesto que en ese tramo horario se consume de lo almacenado durante el día reduciendo de forma inmediata la factura eléctrica del consumidor. Hay que destacar que para que los sistemas de almacenamiento sean rentables y los consumidores reciban una señal de precio adecuada a estos ajustes en su consumo, resulta necesario que existan otros ingresos complementarios al diferencial de precio obtenido mediante arbitraje como subvenciones y participación en servicios de ajuste, tal y como se explica más adelante.

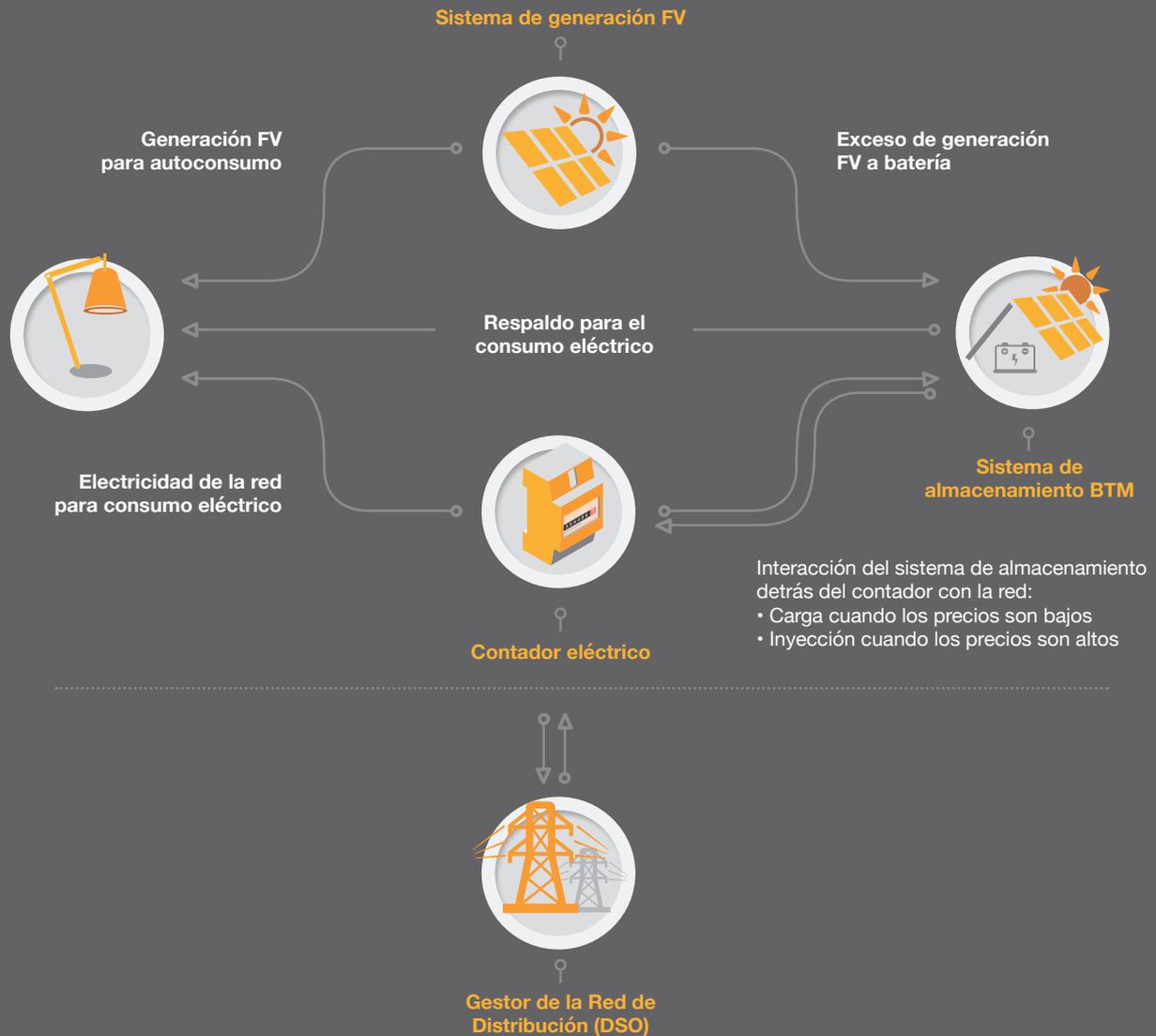
Actualmente, los principales sistemas de almacenamiento son los de tipo *behind-the-meter* (o batería detrás del contador) y los de tipo *utility-scale* (o delante del contador). En este sentido, la batería detrás del contador es el sistema de almacenamiento asociado a consumidores residenciales, comerciales o industriales. Este tipo de almacenamiento se caracteriza por localizarse en los centros de consumo de energía o cerca de ellos y detrás del punto de conexión entre los operadores del sistema eléctrico y los consumidores. El objetivo de estos sistemas



es el de optimizar la demanda energética y gestionar de manera eficiente el consumo de electricidad con su consecuente ahorro en la factura de la luz. Para ello, la batería almacena electricidad en los periodos en los que los precios son más baratos y la consume cuando los precios son más elevados. Para hacerlo, debe de conocer en buena medida cuál es el perfil de la demanda y los términos del contrato de suministro eléctrico para lograr esa gestión “inteligente”.

## Ejemplo de configuración detrás del contador

Fuente: IDAE y análisis de PwC



Por otro lado, los sistemas de almacenamiento de tipo *utility-scale* son sistemas a gran escala que están conectados a las redes eléctricas de distribución o de transporte o a un activo de generación. Generalmente se usan para proporcionar ciertos servicios de red requeridos por los operadores del sistema y, por lo tanto, necesitan una capacidad elevada. Algunos ejemplos son las baterías a gran escala o el bombeo.

Dentro de los sistemas de almacenamiento *behind-the-meter*, los modelos de negocio más comunes a día de hoy y que se espera que vayan evolucionando en los próximos años son:

- **Sistemas de almacenamiento propiedad del consumidor sin acceso a mercado.** Se trata de aquellas instalaciones de sistemas de almacenamiento en los sectores residencial, terciario o industrial, en los que los dispositivos de almacenamiento son propiedad de los usuarios finales. Los propietarios pueden aprovechar los excesos de generación de energía de los sistemas de autoconsumo asociados para utilizarla en otros momentos de mayor demanda, aumentando su aprovechamiento del sistema. Este modelo de negocio permite al propietario la instalación de almacenamiento y al consumidor optimizar su factura de electricidad. Dependiendo de la estructura de la tarifa eléctrica y la posibilidad de obtener ciertos ingresos mediante el arbitraje, los ahorros/ingresos generados por el sistema de almacenamiento pueden ayudar a recuperar más o menos parte de la inversión inicial en el sistema.

- **Sistemas de almacenamiento propiedad del consumidor con acceso a mercado.** A diferencia del primer caso, en este, los propietarios de los sistemas de almacenamiento (los consumidores finales) pueden acceder a los mercados. El primer sistema, aunque te permite optimizar los costes energéticos, no siempre producen suficientes ahorros/ingresos para asegurar el retorno de la inversión. Este segundo sistema permite acceder al mercado a través de la figura del agregador de la demanda, o sin él en caso de que se trate de un consumidor con suficiente entidad (actualmente es necesario disponer de 1 MW de almacenamiento). Tal y como especifica la Unión Europea, los grupos de usuarios deben tener acceso a los mercados de la electricidad para comercializar su flexibilidad y la electricidad autogenerada, o bien hacerlo de forma agregada a través de un agregador de la demanda. Más adelante en este informe se explica cómo el agregador de la demanda es una figura que se encarga de provocar cambios en los patrones de consumo de electricidad como respuesta a las diferentes señales de precios del mercado, para vender una reducción o un incremento de la demanda en un momento dado. Los sistemas de almacenamiento, por lo tanto, van a aportar flexibilidad al equilibrio generación - consumo de energía por lo que se va a facilitar la gestión de la demanda con la vista puesta en este propósito.

- **Dispositivos de almacenamiento propiedad de terceros.** Este último caso se refiere a modelos de negocio donde un tercero (como un agregador o una empresa de servicios energéticos) es propietario de los sistemas de almacenamiento con el objetivo de maximizar el valor derivado de estos sistemas. Por un lado, este modelo ofrece almacenamiento como un servicio energético (*as-a-service*) a los consumidores que les permite obtener una fracción de los ahorros del sistema sin tener que llevar a cabo ninguna inversión inicial. Por otro lado, la entidad propietaria del sistema busca optimizar la factura del consumidor al mismo tiempo que ofrece la capacidad disponible en las baterías a los mercados disponibles para incrementar sus fuentes de ingresos. Este modelo de negocio pone en relieve la tendencia de transformación del sector, de un modelo de venta de energía tradicional a una venta de servicios energéticos al consumidor.

A nivel mundial, el Consejo de Almacenamiento de Energía a Largo Plazo (*LDES Council*) ha estimado recientemente en su informe publicado en 2021 "*Net-zero Power. Long duration energy storage for a renewable grid*" la necesidad de almacenamiento de energía de larga duración, es decir, aquella que permite almacenar energía renovable durante ocho o más horas, para alcanzar las emisiones de carbono netas cero. Para ello, teniendo en cuenta



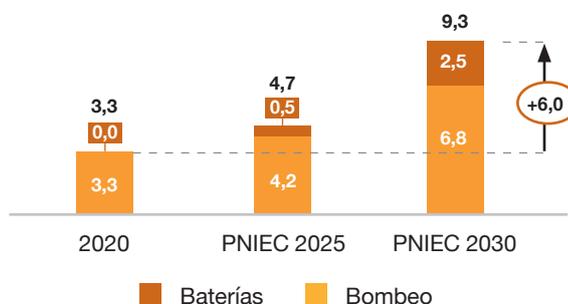


un escenario central y otro progresivo en función de cómo evolucionen los costes y el rendimiento de los sistemas de almacenamiento, se necesitará desplegar de 1,5 a 2,5 TW (0,15 – 0,3 TW en Europa) y de 85 a 140 TWh (5 – 20 TWh en Europa) de almacenamiento de energía de larga duración, como la energía hidráulica de bombeo, las baterías de flujo y la energía solar térmica de concentración para lograr redes eléctricas con cero emisiones netas para 2040. La implementación de esta capacidad de almacenamiento representaría el 10% de la electricidad consumida en todo el mundo. Estas estimaciones son todo un reto ya que representa entre cuatro y siete veces el despliegue total de almacenamiento de baterías de iones de litio mundial en la actualidad y entre cinco y once veces la inversión total en energía renovable en 2020.

A nivel nacional, en 2030, el PNIEC 2021-2030 quiere que el 74% de su generación eléctrica sea renovable, con especial importancia del autoconsumo solar. En este sentido, para permitir la entrada de tanta capacidad renovable en el sistema, el propio plan matiza que es imprescindible disponer de medios firmes y flexibles que aporten respaldo en el horizonte 2030, para lo que es necesario añadir una potencia adicional de 6 GW de almacenamiento. Así, el PNIEC 2021-2030 prevé el desarrollo adicional de 6 GW de sistemas de almacenamiento en

### Evolución de la potencia instalada nacional a 2030 [GW]

Fuente: REE, PNIEC 2021-2030 y análisis de PwC



España, en forma de nueva potencia de bombeo (3,5 GW) e instalación de baterías (2,5 GW con un mínimo de dos horas de almacenamiento a carga máxima) y plantea incentivar estos proyectos que permiten evitar vertidos de energía limpia. No obstante, la estrategia de almacenamiento recién publicada aumenta hasta 20 GW la capacidad de almacenamiento acumulada a 2030 (incluyendo sistemas de bombeo hidráulico, baterías y otros sistemas de almacenamiento a gran escala, baterías BTM y almacenamiento de energía térmica), lo que indica la tendencia creciente de penetración de estas tecnologías en España.

En este sentido, el volumen previsto en el PNIEC 2021-2030 de instalación de 2,5 GW de baterías para 2030 supone un gran reto, dado que a nivel global hay apenas instalados 10 GW a gran escala. Además, teniendo en cuenta que es complejo e improbable que el bombeo se desarrolle por completo, debido a la limitación de los emplazamientos y la elevada inversión que requiere, la potencia de baterías necesaria en España podría ser el doble.

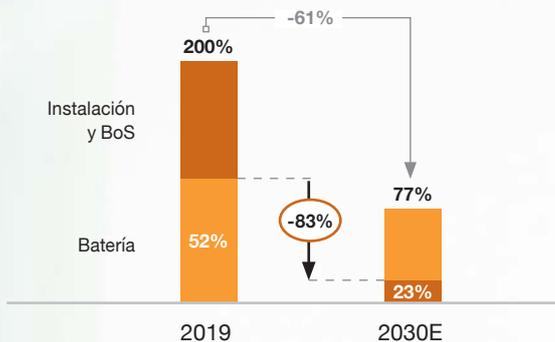
Habrà que terminar de ver cómo los 2,5 GW de baterías previstas en el PNIEC 2021-2030 a 2030 responden ante el sistema para garantizar la flexibilidad que este requerirá. Esto se debe a que, en 2030 con la alta penetración de renovables y los 40 GW de solar fotovoltaica previstos, en las horas diurnas entrará a producir toda la solar instalada, cubriendo la práctica totalidad de la demanda nacional y necesitará que otras tecnologías sean capaces de adecuarse.

La Estrategia de Almacenamiento Energético, por su parte, establece un objetivo mínimo de 400 MW de almacenamiento *behind-the-meter* para el 2030. Teniendo en cuenta unas especificaciones para una batería tipo doméstico de 5 kW de potencia real con una energía útil de 13,5 kWh, se necesitarían unas 80.000 baterías que suministrarían unos 1,08 GWh para poder cumplir con dicho objetivo. De la misma manera, para los 2,5 GW de almacenamiento estimados por el PNIEC 2021-2030, se necesitarían unas 500.000 baterías que suministraría unos 6,75 GWh.

Cabe destacar que el éxito del despliegue de las baterías para almacenamiento va a depender en gran medida del desarrollo masivo de esta tecnología y del abaratamiento de los costes de estos sistemas. La parte positiva es que las perspectivas de este despliegue son favorables dadas las características del mercado de esta tecnología cuyo histórico de precios y demanda están a favor de su integración.

### CAPEX de los sistemas de baterías para aplicación residencial [USD/kWh]

Fuente: Battery 30+F y análisis de PwC



Nota: Sistema Ion-Litio tecnología NMC de 5kW/14kWh

A la reducción gradual de los costes de las baterías, se suma las oportunidades que significan para el consumidor a nivel de reducción de sus costes. Desde el punto de vista del coste del consumo de electricidad, teniendo en cuenta tanto el precio de la propia energía como el coste de los cargos y peajes, disponer de un sistema de almacenamiento permite al usuario contar con una mayor flexibilidad a la hora de consumir energía. A modo ilustrativo, a lo largo de las 24h de un día cualquiera, el coste de la electricidad presenta un esquema tarifario variable que incentiva la toma de decisiones sobre el consumo durante las horas con costes más elevados. De esta manera, aquellos usuarios que cuenten con sistemas de almacenamiento aprovecharán la energía almacenada en los momentos en los que estos costes están altamente disparados (en horarios como al mediodía o a última hora de la tarde) y optarán por demandar energía del mercado eléctrico cuando esta sea más barata.

En este sentido, una batería que se puede considerar como un sistema de almacenamiento cumpliendo las mismas funciones y características que puede tener un elevado impacto a futuro, es la batería de los vehículos eléctricos. No hay que olvidar que uno de los principales destinos de la fabricación masiva de baterías es el sector de la movilidad eléctrica. La movilidad sostenible, aunque es un ámbito que ya se está instaurando en la vida cotidiana de

la sociedad, todavía tiene un largo recorrido por delante. El desarrollo e implementación de nuevas tecnologías asociadas a la movilidad sostenible es una nueva herramienta habilitadora y facilitadora para el empoderamiento del consumidor ya que ahora es el consumidor el que decide cuándo, cómo y dónde carga su vehículo al mismo tiempo que contribuye a la conectividad y flexibilidad de la red eléctrica.

Del mismo modo, la movilidad eléctrica va a ofrecer flexibilidad al sistema eléctrico gracias a la capacidad de los usuarios de gestionar la demanda de los vehículos eléctricos según sus necesidades. Esto supone realizar la recarga de los vehículos cuando los precios de la electricidad sean más reducidos o ante señales que se puedan recibir del sistema eléctrico.

Para lograr la flexibilidad de la demanda energética gracias a la penetración de la movilidad sostenible, la red de transporte y la operación del sistema eléctrico deben de estar preparados para la incorporación masiva del nuevo parque de vehículos y sus puntos de recarga, además de hacer posible la recarga de los vehículos en los momentos en los que los consumidores decidan hacerlo (recargas nocturnas, recargas puntuales, recargas en centros de trabajo...). Algunas proyecciones a 2030 estiman un parque de vehículos formado por 5 millones de vehículos eléctricos (turismos, furgonetas, autobuses y motocicletas) junto con 3,5 millones de puntos de recarga.

## Evolución del esquema de precios de la electricidad

Fuente: AFRY y análisis de PwC

	Peajes y Cargos [€/MWh]	Coste de la electricidad 2019 [€/MWh]	Coste de la electricidad 2020 [€/MWh]	Coste de la electricidad 2021 [€/MWh]	Total 2019 [€/MWh]	Total 2020 [€/MWh]	Total 2021 [€/MWh]
09h	34	51	37	120	85	70	154
13h	101	49	35	107	150	135	208
16h	34	46	32	102	80	66	136
20h	101	53	40	132	154	141	233
01h	4	45	31	106	49	35	110

Nota: Costes aproximados de la electricidad (datos del 2019, 2020 y 2021) y costes aproximados de los peajes y cargos (datos reales del 2022)

En cuanto al volumen de electricidad que puede llegar a gestionar este parque de vehículos turismos, hay que tener en cuenta que la tecnología de las baterías actuales de los principales modelos de vehículos eléctricos se caracteriza por una capacidad útil de entre 40 y 80 kWh. Si la Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) estima un parque de vehículos eléctricos tipo turismo de 1,5 millones para el 2025 y de 3 millones para el 2030, considerando que aproximadamente el 50% de la capacidad energética será aquella que el usuario esté dispuesto a intercambiar con el sistema eléctrico, para estos años se contará con un rango de flexibilidad de entre 30 - 60 GWh y entre 60 - 120 GWh, respectivamente, gracias a la penetración de la movilidad eléctrica.

De aquí al 2030 no se espera que el aumento de la cantidad de vehículos eléctricos resulte en una variación significativa de la demanda de electricidad. Sin embargo, el perfil de carga de la electricidad sí tendrá una mayor afectación en la demanda donde se estima que el efecto más pronunciado se producirá en el aumento de los picos máximos de consumo durante la tarde/noche, cuando los conductores conecten sus vehículos eléctricos al regresar tras la jornada diaria.

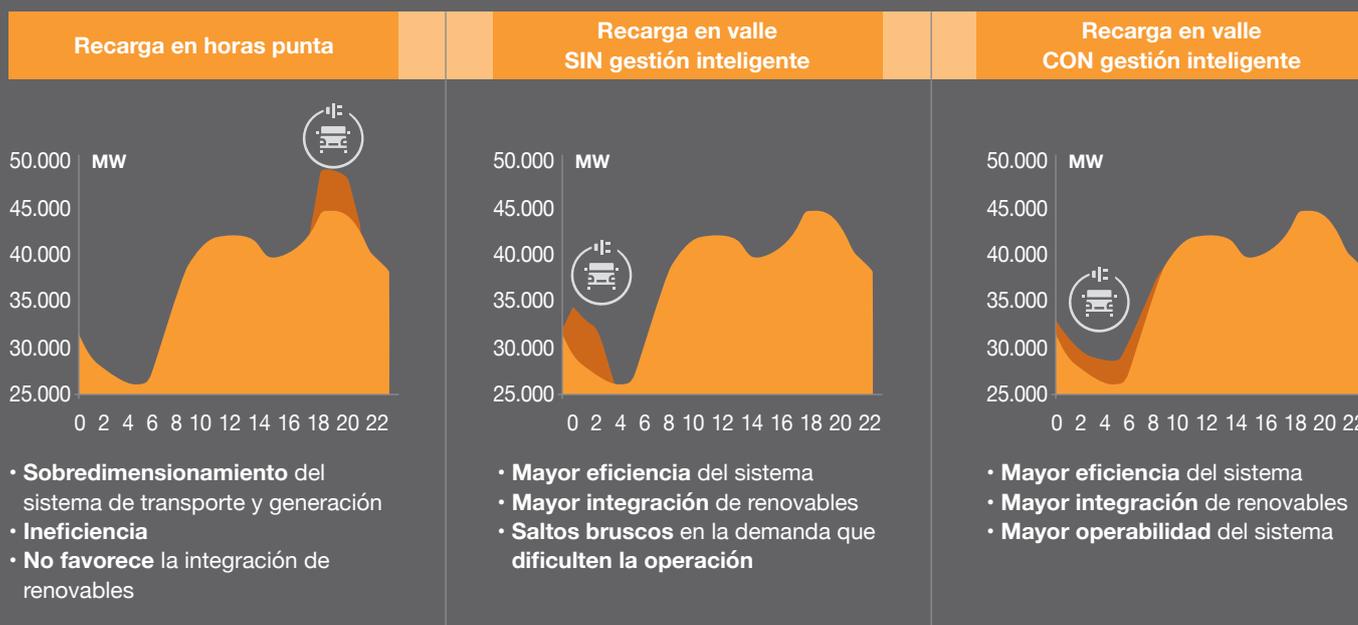
Una herramienta para atenuar estos picos máximos serán las soluciones locales de almacenamiento que se recarguen en momentos de baja demanda y descarguen en los momentos de alta demanda reduciendo así los puntos máximos. Los sistemas que permitan influir en los hábitos de carga de los usuarios también serán útiles para atenuar estos picos. Estos sistemas consistirán en la gestión inteligente de los patrones de consumo para la carga de vehículos eléctricos. Esto permitirá realizar ajustes efectivos sobre los puntos máximos de demanda modificando los perfiles de consumo para optimizar el reparto de la demanda, el coste de la energía comprada para la carga de los vehículos eléctricos, integrando la recarga en momentos de generación renovable excedentaria teniendo siempre un efecto positivo sobre el aplanamiento de la curva de la demanda.

Si se consigue alcanzar este ecosistema de control y flexibilidad en la recarga inteligente de vehículos, las ventajas se traducirán en los siguiente:

- **Mejora de la eficiencia del sistema eléctrico aplanando la curva de la demanda:** Si los usuarios, que pueden elegir cuándo recargar las baterías, deciden recargarlas en los periodos de menor

## Escenarios de la participación de la recarga de VE en el aplanamiento de la curva de la demanda

Fuente: IDEA, REE y análisis de PwC



consumo (entre la 01:00 y las 07:00 horas de la mañana) ayudarán a aplanar la curva al disminuir las diferencias producidas entre las horas punta (o periodos de mayor consumo) y las horas de menor consumo eléctrico. No hay que olvidar, por otro lado, que, si la recarga se realizara en hora punta, el impacto sobre la red sería perjudicial ya que supondría sobredimensionar el sistema de transporte y generación, entre otros factores negativos.

- **Facilitación de la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico:** La producción de energía renovable en los periodos donde la oferta es superior a la demanda (como en los periodos nocturnos), es difícil de gestionar e integrar en el sistema eléctrico. En el caso de la energía eólica, por ejemplo, muchos parques son desconectados durante la noche ya que su producción puede exceder los límites de seguridad del sistema. Es por esto que flexibilizar y hacer más inteligente la recarga de los vehículos va a permitir facilitar la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico ya que los vehículos van a poder aprovechar estos momentos de excedente de energía renovable para sus recargas.

En definitiva, a futuro, se espera que los sistemas de almacenamiento se desplieguen masivamente en la próxima década gracias a nuevos desarrollos y usos. Sin embargo, por las características intrínsecas de esta tecnología es poco probable que sea la única tecnología necesaria para un futuro sistema eléctrico renovable y prácticamente descarbonizado. Así, los sistemas de almacenamiento deberán formar parte de un *mix* de tecnologías de respaldo que permitan cubrir de forma eficiente todas las necesidades del sistema, ayudando a adecuar la oferta-demanda y colaborando además a aplanar la curva de precios.

El almacenamiento es una tecnología clave para avanzar en la descarbonización del sistema eléctrico español y para su correcta integración es necesario que se produzca un gran desarrollo tecnológico, que se acometan grandes inversiones y que se regule adecuadamente su participación en el sistema. Si se logra poner solución a estos retos, el almacenamiento tendrá un papel protagonista en aportar una mayor capacidad de gestión a la generación y, juntamente con el impulso de la flexibilidad y gestión de la demanda, permitirá una mayor integración de la generación renovable en el sistema, contribuyendo, adicionalmente, a la seguridad del suministro.



## ¿Cómo puede el consumidor reducir el coste de su consumo y participar en la gestión de la demanda?

Finalmente, una vez que el consumidor se ha producido su propia energía y la está consumiendo de una forma cada vez más eficiente e inteligente, el consumidor se plantea en la posibilidad de participar en los diferentes mercados eléctricos. Para hacerlo,

necesita contar con las herramientas adecuadas que le permitan convertirse en un agente más de este mercado y así involucrarse de manera activa en la gestión de la demanda tan necesaria para alcanzar la transición energética.

### Tipología de los principales mecanismo de gestión de la demanda

Fuente: Análisis de PwC

Modelos de tarifas	Pagos por interrumpibilidad	Control directo de la demanda	Mercado de demanda
<b>Vinculación con la demanda</b>			
<b>INDIRECTA</b> Altera los patrones de consumo de los clientes través de la estructura tarifaria	<b>VOLUNTARIA</b> Los usuarios deciden si participan en cada solicitud de reducción de demanda	<b>DIRECTA</b> El operador de red puede manipular directamente la demanda de los usuarios	<b>DIRECTA</b> El operador de red puede ejecutar directamente las ofertas aceptadas del mercado
<b>Tipología preferente de cliente</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Comercial</li> <li>• Industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Comercial</li> <li>• Industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Comercial</li> <li>• Industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico y comercial a través de agregadores</li> <li>• Industrial</li> </ul>
<b>Volumen de demanda gestionado</b>			
<b>Medio/Bajo</b> Impacto no directo en los usuarios, depende de adopción (limitada)	<b>Medio</b> El volumen depende del nivel de suscripción y condiciones de los contratos bilaterales	<b>Medio</b> El volumen de demanda gestionable está limitado su propia naturaleza	<b>Alto</b> El operador de red establece el volumen exacto de demanda que necesita gestionar
<b>Nivel de control sobre la demanda gestionada</b>			
<b>Bajo</b> El operador del sistema no tiene ningún control sobre la demanda final de los usuarios	<b>Medio</b> La participación del usuario final es voluntaria, aunque también puede ser obligatoria	<b>Alto</b> El operador de red tiene total control sobre la demanda gestionable de los usuarios	<b>Alto</b> El operador de red tiene total control sobre la demanda seleccionada en el mercado
<b>Principales barreras de adopción</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación de modelos tarifarios</li> <li>• Tecnología (contadores inteligentes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología del operador de red</li> <li>• Contexto de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación para aceptar el control de demanda</li> <li>• Tecnología (equipos de control y comunicación)</li> <li>• Contexto de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación para creación del nuevo mercado</li> <li>• Tecnología (infraestructura de control)</li> <li>• Contexto de mercado</li> </ul>
<b>Situación actual en España y la UE</b>			
<b>España y la mayoría de países de la UE cuentan con múltiples modelos de tarifas</b>	<b>España todavía mantiene el mecanismo de pagos por interrumpibilidad pero únicamente para industrial</b>	<b>Ningún país de la UE todavía ha aprobado este mecanismo</b>	<b>FRA y DNK permiten la participación de la demanda en el mercado de capacidad</b>

En la actualidad, existen cuatro grandes tipos de mecanismos para la gestión de la demanda que se podría decir que se clasifican en función del grado de control sobre el consumo de un usuario y de la posibilidad de participar en el mercado:

- **Modelos de tarifas:** Se trata de la adopción de tarifas con estructuras de precios diferentes por periodo o tipología de cliente para influenciar en el perfil de la demanda de los clientes. Por lo general, existen tarifas de tiempo real, tarifa por periodos, tarifas de punta o tarifas especiales.
- **Pagos por interrumpibilidad:** Son contratos bilaterales con consumos industriales para poder solicitar una reducción significativa de la demanda en situaciones de contingencia. Suele aplicar a grandes industrias con grandes consumos para poder reducir su carga o como respuestas de emergencia con reembolsos a clientes que, previo aviso, reduzcan su demanda ante contingencias.
- **Control directo de la demanda o sistemas tipo "Demand Response":** Los usuarios permiten a un agente externo como una comercializadora u operador del sistema a controlar (previo aviso) para que actúe directamente sobre su demanda a través de consumos no críticos.
- **Mercado de demanda:** Se trata de un agente que agrega la demanda de diferentes usuarios y así les permite participar en el mercado donde oferta el consumo o cantidad de energía que estarían dispuestos a modificar bajo el control del operador del sistema.

La puesta en marcha de estas herramientas permite dotar al consumidor de una mayor flexibilidad e inteligencia sobre su consumo, ya que le permite ir más allá de lo que el mismo puede aportar vía instalaciones de almacenamiento.

La regulación de la gestión de la demanda en España y el despliegue posterior de soluciones que la permitan llevar a cabo van a ser unos factores muy importantes a la hora de encontrar el equilibrio entre el despliegue e integración de las energías renovables y la electrificación del sector energético. Actualmente, el referente más similar que podría encontrarse en España son los mecanismos de interrumpibilidad, contratos bilaterales con consumos industriales para poder solicitar una reducción significativa de su demanda en situaciones de contingencia. Sin embargo, queda lejos del concepto de "gestión o respuesta a la demanda".



# Una vez el consumidor sea capaz de reducir los costes de su factura a través de la gestión de su demanda va a querer ir un paso más allá participando activamente en el mercado a través de las herramientas que se dispongan para ello.

Si nos vamos a un caso extremo como el de Australia, país que se caracteriza por el fuerte ritmo de implementación de energías renovables, se observa que va un paso por delante en cuanto a la necesidad de nuevas formas innovadoras para gestionar sus capacidades. En el corto plazo, la integración de energías renovables no está siendo un camino fácil en este país ya que está causando variabilidad e incerteza en la generación eléctrica además de una curva de consumo fuertemente marcada. Esto supone una alta volatilidad en el mercado eléctrico e importantes retos en la gestión de la red.

En este sentido, Australia es un gran ejemplo en el que los sistemas de “*Demand Response*” (DR) tienen una importante contribución en cuanto a las oportunidades que supone para el sistema eléctrico ya que se utiliza como una forma rentable de mantener la confiabilidad y seguridad de la red. Los usuarios energéticos, incluidas empresas, agencias gubernamentales y hogares pueden gestionar de manera inteligente su demanda con actuaciones como la modulación de forma voluntaria de su consumo e incluso, dejando de consumir ante situaciones de escasez de energía disponible. Así, la propia demanda puede ayudar a compensar pequeñas

fluctuaciones en la generación renovable.

Una vez que ya tiene optimizado su consumo, flexibilizándolo y optimizándolo, el consumidor lo que quiere es poder ir al mercado y participar, especialmente, de los mercados de ajuste. La principal manera que tiene el consumidor de participar en estos mercados es mediante la agregación de la demanda. Es decir, mediante el cambio de consumo de electricidad, respecto a sus pautas habituales de consumo como respuesta a las diferentes señales de precios del mercado, para vender una reducción o un incremento de la demanda en un momento dado a un precio en un mercado organizado, tanto de manera individual como de manera agregada, lo que actualmente se conoce como agregador de la demanda.

Según la directiva europea 2019/944 del 5 de junio de 2019 en relación a las normas comunes para el mercado interior de la electricidad, define en el artículo 2 diferentes aspectos para entender mejor la figura del agregador de la demanda. Por un lado, la actividad de agregación se define como una función realizada por una persona física o jurídica que combina múltiples consumos de clientes o electricidad generada para su compra, venta o subasta en cualquier mercado de



electricidad. La figura del agregador independiente, por su parte, es el participante en el mercado que presta servicios de agregación y que no está relacionado con el suministrador del cliente, es decir, con la actividad de comercialización, siendo por lo tanto una figura independiente.

El objetivo final de la UE con la definición de esta figura y su marco operativo es el de permitir a los agregadores independientes realizar su función de intermediarios y así garantizar que el usuario final (industrial, comercial y doméstico) se beneficie adecuadamente de sus actividades. La Unión Europea especifica que todos los grupos de usuarios deben tener acceso a los mercados de la electricidad para comercializar su flexibilidad y la electricidad autogenerada, o bien hacerlo de forma agregada a través de un agregador de la demanda.

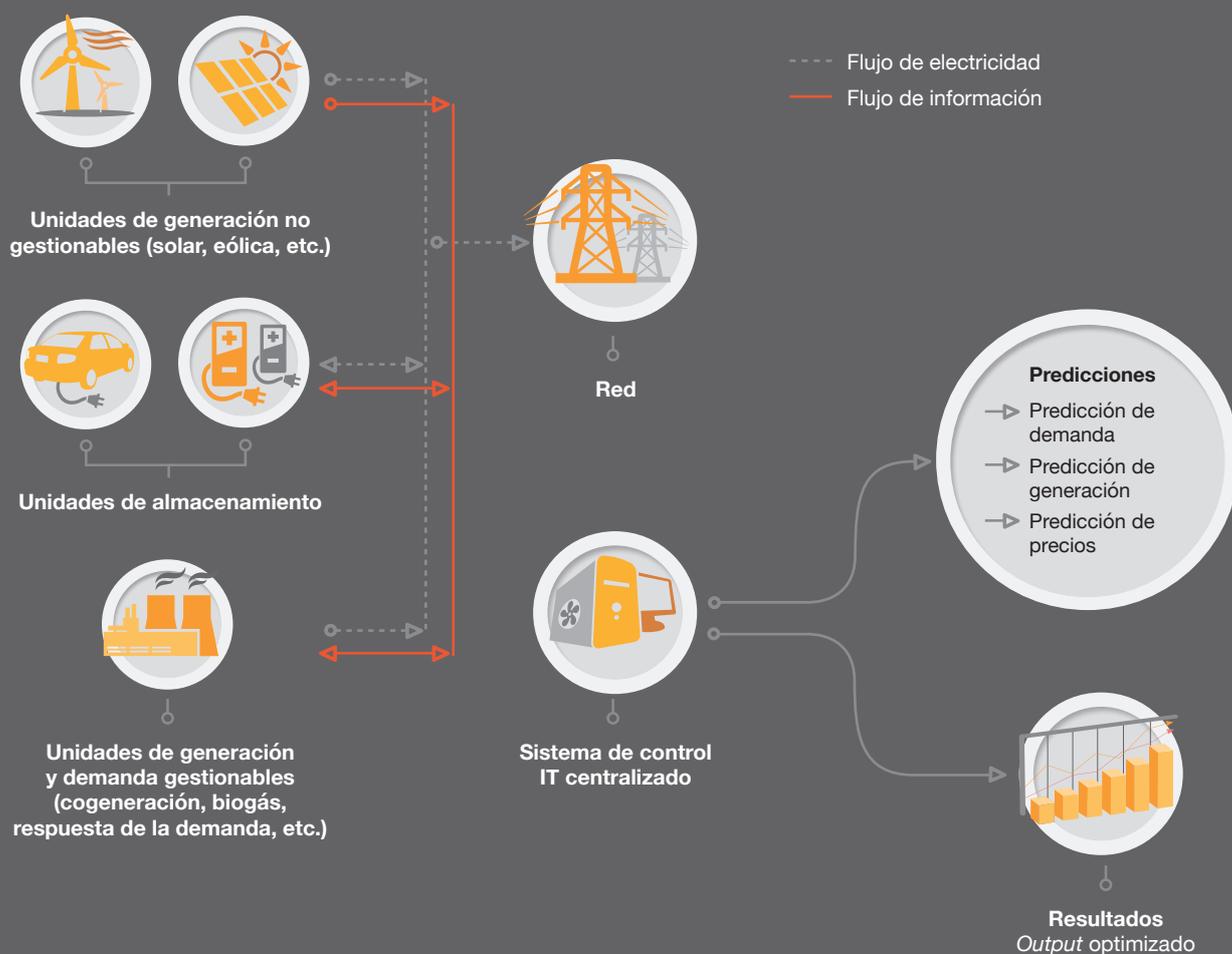
Para ello, debe garantizar que los Estados miembro permitan y fomenten la participación de la respuesta a la demanda mediante agregación en los mercados de electricidad, imponiendo una serie de requisitos para asegurar los derechos y las obligaciones de los participantes (normas transparentes sobre las funciones y responsabilidades de dichos participantes, procedimientos no discriminatorios y transparentes para el intercambio de información entre ellos o la responsabilidad económica de los desvíos que causen en el sistema eléctrico) y una serie de derechos sobre el consumidor final (derecho a cambiar de suministrador, libertad para comprar y vender servicios de electricidad, derecho a recibir sus datos sobre la respuesta a la demanda...).

Una vez definidos los principales aspectos que van a determinar al agregador de la demanda, es importante incidir en que este se va a ver altamente potenciado y beneficiado por las nuevas tecnologías y la digitalización ya que le va a permitir agrupar diferentes agentes del sector en un mismo subsistema energético (consumidores, pequeños productores, prosumidores, baterías, puntos de recarga de vehículos eléctricos, etc.). Con estos agentes agrupados, el objetivo es el de agregar y combinar los múltiples consumos y producciones de electricidad para su compra-venta eficiente en

el mercado de producción de energía eléctrica. Los agregadores establecen un acuerdo contractual con los consumidores y generalmente operan un gran número de recursos energéticos distribuidos de diferente tipo, o también pueden especializarse en un tipo particular de recurso, como pueden ser los sistemas de almacenamiento detrás del contador. Así, mediante las denominadas plantas eléctricas virtuales (VPP, por sus siglas en inglés), los agregadores pueden vender electricidad en los mercados eléctricos o proveer de servicios de flexibilidad al sistema.

### Operación de los recursos energéticos distribuidos por parte del agregador

Fuente: IDAE, REE y análisis de PwC



Partiendo de una situación en la que, a diferencia del resto de países del entorno, no existe una regulación propia que defina los mecanismos que permitan a los agregadores de la demanda participar en el mercado mayorista de electricidad, en España se espera un largo recorrido para posicionar esta figura como nueva herramienta tanto para responder a las necesidades de los consumidores como de la transición energética. Cabe destacar que el PNIEC 2021-2030 por su parte, indica dentro de sus medidas la necesidad de desarrollar esta figura, tanto a nivel independiente como a nivel colectivo, así como su derecho a entrar en el mercado de la electricidad sin consentimiento de otros participantes con el objetivo de garantizar la participación de los pequeños consumidores en este mercado.

En algunos países, tal y como se describe a continuación, esta figura está regulada y algo más desarrollada que en España. Para entender cómo funciona, es importante identificar que existen dos modelos de negocio diferenciados para que actúe el agregador:

- Mercado mayorista: se trata de la venta de energía en el mercado de electricidad donde se obtiene un margen entre el precio de venta en el mercado y el precio de compra. Es decir, se trata del precio de compensación que recibe el comercializador por la energía que no ha sido consumida por el usuario final.
- Mercado de servicio de ajuste: se trata de la participación en los servicios complementarios previstos por el sistema eléctrico con el objetivo de corregir desvíos en la interconexión. Los ingresos provienen, en este caso, de la retribución fija por disponibilidad y una variable por el uso de la energía.

### Figura del agregador de la demanda en otros países

Fuente: Análisis de PwC

	REINO UNIDO	FRANCIA	ALEMANIA	EE.UU. (CALIFORNIA)
Agregador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregador</li> <li>• Agregador independiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregador (consumidor residencial)</li> <li>• Agregador y agregador independiente (industrial y gran consumidor)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas de servicios públicos</li> <li>• Agregador</li> </ul>
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria</li> <li>• Grandes consumidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria</li> <li>• Grandes consumidores</li> <li>• Consumidor residencial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria</li> <li>• Grandes consumidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria</li> <li>• Grandes consumidores</li> <li>• Consumidor residencial</li> </ul>
Participación en Mecanismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregador: en mecanismos de ajuste como el mercado mayorista y en mecanismos de equilibrio</li> <li>• Agregador independiente: únicamente en los mecanismos de ajuste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria y Grandes consumidores: en mecanismos de ajuste controlados por el operador</li> <li>• Consumidor residencial: mecanismo NEBEF, venta de reducción de la demanda de consumidores en el mercado diario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En mecanismos de ajuste como el mercado mayorista siendo necesario un contrato con la comercializadora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el mercado de electricidad y capacidad</li> </ul>

## REINO UNIDO

Reino Unido se caracteriza por la necesidad de disponer de una mayor flexibilidad en el sistema energético debido a la creciente dependencia de fuentes de origen renovable que, al ser menos predecibles, generan un mayor desequilibrio en el mercado generando picos de demanda y aumentando el riesgo de posibles fallos en el suministro. Esta necesidad ha supuesto el impulso de herramientas que permitan la modificación en los patrones de generación y/o consumo en reacción a una señal externa con el fin de brindar un servicio dentro del sistema energético. Un ejemplo es, en este caso, el agregador de la demanda.

De acuerdo a la normativa de aplicación del Mercado de Capacidad de Reino Unido, “*The electricity capacity regulations 2014*”, la respuesta a la demanda se define como el compromiso por parte de un agregador de la demanda de proporcionar una capacidad cuando sea necesaria según las reglas establecidas en los distintos mecanismos en los que participe. Este mecanismo permite a los consumidores ayudar a mantener la red equilibrada a través de la disminución o el aumento de la demanda mediante la figura de un agregador de la demanda.

Los agregadores son por tanto empresas especializadas en coordinar o agregar energía procedente de sus clientes, principalmente industrias o grandes consumidores, a distintos mecanismos de ajuste como respuesta a una señal o requerimiento por parte del operador del sistema nacional (*National Grid*). Para poder desarrollar esta función, los agregadores establecen un contrato de flexibilidad, donde se establecen las condiciones de compensación económica, con los consumidores por el cual ante determinados avisos estos deben modificar su patrón de consumo con el fin de aportar la flexibilidad necesaria al sistema eléctrico.

La actividad de los agregadores consiste en lo siguiente:

- Análisis e identificación de los clientes potenciales (aquellos con consumos elevados).
- Definición de un contrato de flexibilidad con el consumidor estableciendo los parámetros de respuesta sobre los que pueden intervenir.
- Instalación de los equipos necesarios que permitan al agregador registrar las lecturas reales del consumo de electricidad y modificar el consumo si fuese necesario.
- Agregación de los excesos de energía para su uso en los mecanismos de flexibilidad previsibles.



Actualmente, la normativa identifica dos figuras asociadas a los agregadores:

- 1) Agregador de la demanda independiente. Se trata de agentes que no cuentan con licencia de comercialización por lo que solo pueden participar en los mecanismos de ajustes previstos por el sistema.
- 2) Agregador de la demanda. Se trata de los agentes que cuentan con licencia por parte de la OFGEM (*Office and Gas and Electricity Markets*) pudiendo participar tanto en el mercado mayorista como en el mecanismo de balance o los mecanismos de ajuste. Por lo general, se trata de entidades comercializadoras que ofertan en el servicio de agregación de la demanda.

## FRANCIA

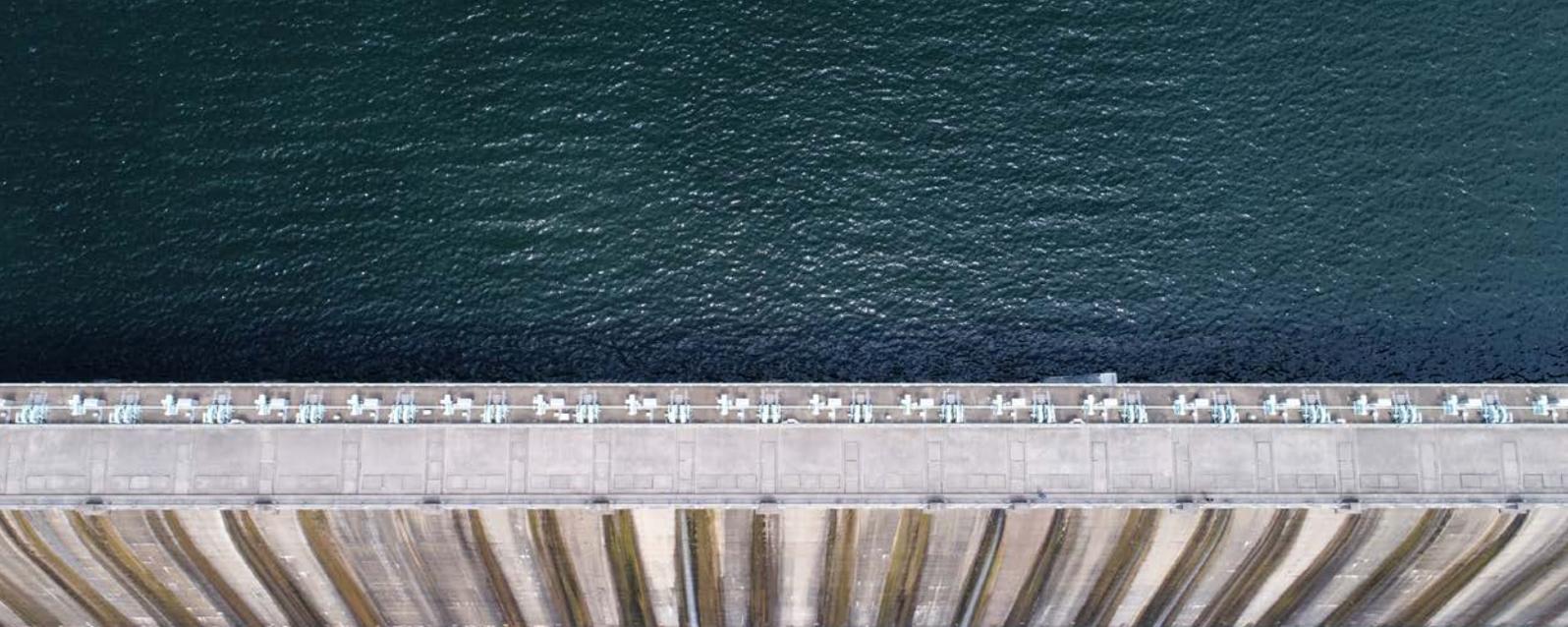
Francia se caracteriza por contar con un contexto regulatorio muy maduro en cuanto a la definición del agregador de la demanda y de los mecanismos del sector energético. Esto se traduce en un beneficio económico consolidado derivado de la actividad de agregar y combinar múltiples consumos de electricidad tanto de consumidores, productores o sistemas de almacenamiento para su compra-venta en el mercado eléctrico.

Más concretamente, la normativa que le aplica (*Code de L'énergie, article L271-1*) define la respuesta a la demanda como la acción destinada a reducir temporalmente en una única solicitud enviada a uno o más consumidores finales por un agregador de la demanda independiente o un comercializador que responde a la acción de comercialización, el nivel de extracción real de electricidad de las redes de transporte o distribución de electricidad en uno o varios puntos de consumo.

En este país, la condición necesaria para que un consumidor individual pueda ser un agregador es que cuente con una capacidad mínima de reducción de carga de 100 kW. Esta condición le confiere un mayor sentido a la figura del agregador ya que, mediante los contratos de flexibilidad con varios consumidores, consigue obtener un beneficio asociado que, a continuación, le atribuye de manera proporcional al consumidor final quedándose él parte del beneficio según las condiciones establecidas en los contratos.

En cuanto al modelo de negocio del agregador de la demanda, con el objetivo de paliar los desequilibrios que se producen en el sistema eléctrico, Francia cuenta con diferentes mecanismos que permiten adecuar la oferta con la demanda. Es en estos mecanismos sobre los que puede actuar el agregador de la demanda a través de dos modelos de negocio:

- 1) Participación directa en los mecanismos de ajuste ejecutados por el operador del sistema francés (RTE). Permite la participación del agregador en los ajustes de los desequilibrios del sistema eléctrico mediante licitaciones. De esta manera, obtiene un beneficio económico en función del servicio prestado (capacidad disponible, energía entregada, etc.). Estos mecanismos son el mecanismo de interrumpibilidad, reservas primarias y secundarias y reservas terciarias.



2) Participación en mecanismos de respuesta a la demanda. De manera adicional a los mecanismos de ajuste, existen otros mecanismos que permiten a los agregadores de la demanda participar en el mercado mayorista de electricidad vendiendo la energía que no ha sido consumida generalmente a precio de mercados. Estos mecanismos, a diferencia del punto anterior, no son ejecutados por el operador del sistema RTE.

#### ALEMANIA

Alemania está trabajando en el desarrollo del marco regulatorio necesario para la figura del agregador de la demanda como factor clave para la transición energética del país. Hasta el momento, varias entidades como la Agencia Estatal de Redes (BNetzA) o el Ministerio Federal de la Economía y la Energía, entre otras, han puesto de manifiesto la necesidad de contar con un modelo que defina esta figura y su participación en el sector energético.

La principal característica de la definición que está haciendo este país sobre el agregador de la demanda es que, a diferencia de cómo sucede en otros lugares, aquí el agregador debe establecer un acuerdo previo con el comercializador al que se encuentra adherido el consumidor final antes de poder acceder a este directamente.

Aunque a nivel regulatorio todavía no haya nada oficial, **existen utilities que están ejerciendo un rol similar al del agregador, desde un punto de vista global y no independiente**, de manera que asiste a los mecanismos de ajuste regulados por los operadores del sistema y participa de manera activa siempre y cuando cumpla con los requisitos que este exija.

#### EE.UU. (CALIFORNIA)

Los sistemas de respuesta a la demanda en este Estado están gestionados o por las tres empresas de servicio públicos reguladas (*Pacific Gas & Electric*, *Southern California Edison* y *San Diego Gas & Electric*) o por entidades comerciales independientes conocidas como agregadores o proveedores de respuesta a la demanda. Estas últimas pueden ofrecer sus servicios de respuesta a la demanda únicamente si hay un acuerdo colaborativo con las empresas públicas reguladas.

Existen programas de respuesta a la demanda para clientes residenciales, comerciales o industriales; aunque la mayoría de las empresas se dirigen a clientes comerciales o industriales. A pesar de que los agregadores trabajen principalmente con industrias que puedan ceder cargas de mínimo 100 kW, el único requisito general es que el cliente posea un contador inteligente o “*smart meter*”, o esté dispuesto a integrarlo en el edificio/hogar al que pueda acceder la compañía.

Los agregadores en este estado de EE.UU. pueden participar en el mercado mayorista de electricidad vendiendo la energía excedentaria o que no ha sido consumida por los usuarios principalmente residenciales. El principal modelo de negocio para la participación del agregador en el sector es a través del mecanismo de Respuesta de la Demanda (DR por sus siglas en inglés). Este mecanismo cuenta con diferentes modalidades en función de si se trata de responder a la demanda en momentos puntuales o en la modificación del hábito de consumo del usuario (despachable o no despachable) o de si el DR es activado por el Operador de Sistemas Independientes (ISO) o por compañías de suministro eléctrico.

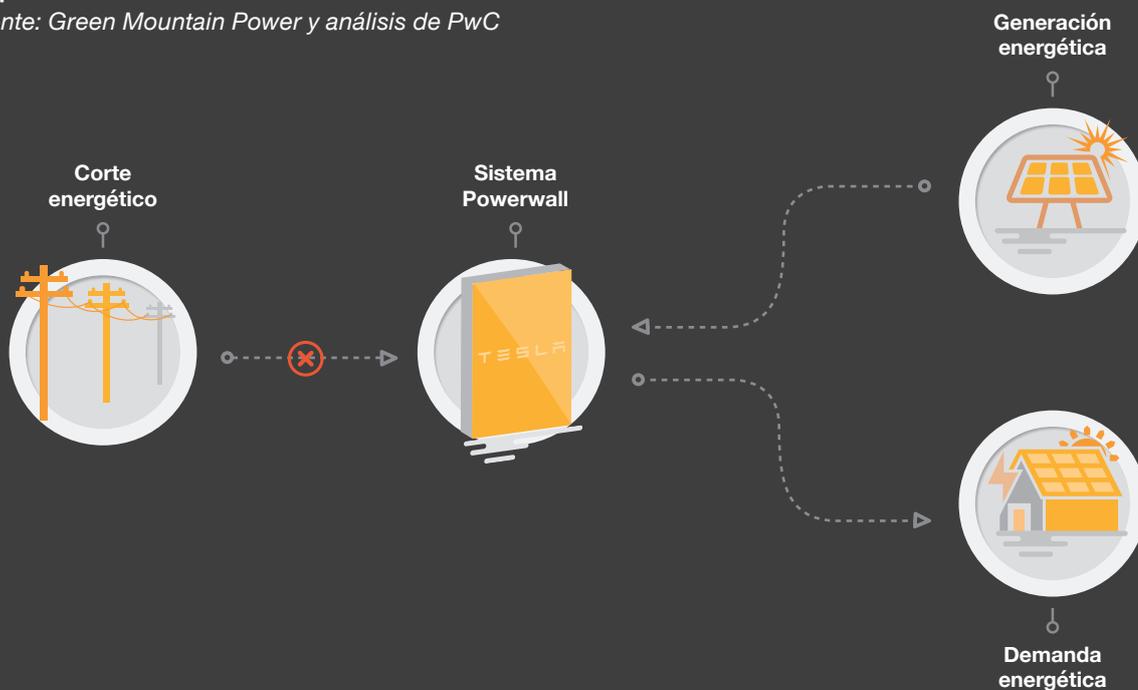
# Proyecto Powerwalls TESLA (Estados Unidos)

La compañía Tesla es mundialmente conocida por el desarrollo de sus populares vehículos eléctricos. Sin embargo, esta compañía cuenta también con una unidad de negocio dedicada en exclusiva al desarrollo de baterías que, aunque inicialmente se utilizaban en sus propios vehículos, desde el 2015 se lanzó al desarrollo de sistemas de almacenamiento para la energía doméstica. Estos sistemas de almacenamiento se dieron a conocer como *Powerwall*.

El *Powerwall* es un sistema formado por baterías de iones de litio recargables para el almacenamiento de la electricidad generada por los sistemas de autoconsumo fotovoltaico en el ámbito doméstico.

## Esquema de funcionamiento del sistema *Powerwall*

Fuente: Green Mountain Power y análisis de PwC



En 2015 Tesla lanzó una producción limitada de este proyecto y su producción en masa se consolidó en 2017 en la fábrica de Tesla en *Storey County*, Nevada. Mientras que en el primer trimestre del 2016 Tesla entregó más de 25 MWh de almacenamiento, el último trimestre de ese mismo año ya acumulaba 300 MWh. En mayo del 2021, Tesla anunció que ya había instalado 200.000 *Powerwalls* de los que la mitad habían sido vendidos en el último año. A lo largo de estos años, la tecnología ha evolucionado sustancialmente desde su versión original con una capacidad de 6,4 kWh (3,3 kW de potencia) hasta su versión en 2020 de 5,8 kWh de potencia continua y 10 kW de potencia máxima.

### Evolución del despliegue trimestral de los sistemas de almacenamiento [MWh]

Fuente: *Energy Storage News* y análisis de PwC



Ante este exitoso modelo de despliegue de baterías en los hogares estadounidenses, Tesla ha querido ir un paso más allá con el desarrollo de VPPs para crear una red de almacenamiento que pueda gestionar los recursos de energía distribuida proveniente de estos hogares. Como se ha comentado anteriormente, las VPPs son plantas eléctricas virtuales donde los agregadores pueden vender electricidad en los mercados eléctricos o proveer de servicios de flexibilidad al sistema.

De esta manera, ha creado una VPP en California, la "*California Tesla Virtual Power Plant*" donde cualquier usuario con un *Powerwall* y con la aplicación correspondiente instalada en un dispositivo móvil, puede optar por ser partícipe de esta planta. El potencial de esta VPP incluye las 50.000 *Powerwalls* instaladas en este territorio para crear el sistema de baterías distribuidas más grande del mundo. Como la mayoría de las baterías instaladas son de 5 kW/13,5 kWh, esto equivaldría a una capacidad potencial máxima de 250 MW/675 MWh.

Los datos recogidos por la *California Solar & Storage Association* (órgano que pertenece a la California ISO) sugieren que únicamente en el 2020 se instalaron 165 MW/428 MWh de energía de almacenamiento distribuida y que, desde el 2011 se acumulan 530 MW o, lo que es lo mismo, una capacidad de almacenaje aproximada de 1.500 MWh.

Con este sistema se agrega la demanda de los propietarios de *Powerwalls* para que durante los conocidos como “*flex-events*” (eventos flexibles en cuanto al consumo de demanda) sus baterías sean empleadas para dar soporte a la red. Por el momento, la participación en el proyecto se ofrece sin compensación y se está utilizando como un servicio público durante los desafíos actuales de la red eléctrica de California. De forma genérica, este tipo de VPPs permite que los propietarios de viviendas o negocios que han invertido en una serie de activos de almacenamiento están mejorando directamente la confiabilidad de la red. De esta manera, aunque por el momento el proyecto de la VPP de Tesla “*California Tesla Virtual Power Plant*” se ofrece sin compensación, las plataformas VPP están definidas para la agregación de los recursos energéticos de cada uno de los consumidores participantes para conseguir ventajas tanto para el sector aportando estabilidad de la red como para sí mismo con el ahorro de electricidad y el beneficio económico de su cesión.

An aerial photograph of a public square, likely in a city, showing a large number of people walking and standing. The square is paved with light-colored tiles and has a large, dark shadow cast across it. The people are scattered throughout the square, some in small groups and some alone. The overall scene is busy and active.

# 3

## Impacto de la participación de los nuevos consumidores en los mercados de energía

**A pesar del importante papel del consumidor en la flexibilidad de la demanda, el sistema eléctrico, en el corto plazo, va a seguir dependiendo de la potencia firme tradicional.**



Aunque hasta el momento se ha hablado de la participación del consumidor como individuo en la gestión y flexibilidad de la demanda, es importante incidir en la idea de que el individuo como tal no va a tener un papel relevante en el sector energético, sino que va a ser el conjunto de la sociedad y la adopción de medidas a nivel masivo las que van a permitir tener un impacto significativo en el mercado eléctrico.

La creación de los nuevos perfiles de consumo que sean capaces de jugar con el margen que les va a proporcionar las herramientas energéticas que estén a su disposición, van a traducirse en la generación de una serie de impactos sobre el sector eléctrico:

- La introducción de estos nuevos perfiles de consumidores y agentes agregadores en el mercado mayorista de la electricidad y, concretamente, en los servicios de ajuste puede reducir la actual volatilidad de los precios, aumentando tanto la oferta como la demanda de electricidad y dotando de estabilidad al sistema. Esto se debe a la posibilidad que ofrecen a la hora de mejorar la integración de las energías renovables en el sector y gracias a la flexibilidad de la demanda para desplazarse a los instantes en los que los precios sean más bajos.
- Adicionalmente, la introducción de estos nuevos consumidores en el sistema eléctrico con un perfil de consumo diferente al tradicional va a favorecer un aplanamiento de la curva de la demanda gracias también a la flexibilidad de la gestión de la demanda que permite distribuir los consumos a lo largo del día y evitar que se concentren siempre en los mismos instantes generando picos de carga muy pronunciados. En este sentido, la integración de baterías resulta necesaria para complementar el mix de tecnologías flexibles y permitir la entrada de mayor potencia renovable, ayudando además a adecuar la oferta-demanda y colaborando a aplanar la curva de precios. A modo ilustrativo, si los usuarios de los vehículos eléctricos, que pueden elegir cuándo recargar las baterías, deciden recargarlas en los periodos de menor consumo (entre la 01:00 y las 07:00 horas de la mañana) ayudarán a aplanar la curva al disminuir las diferencias producidas entre las horas punta (o periodos de mayor consumo) y las horas de menor consumo eléctrico. No hay que olvidar, por otro lado, que, si la recarga se realizara en hora punta, el impacto sobre la red sería perjudicial ya que supondría sobredimensionar el sistema de transporte y generación, entre otros factores negativos.

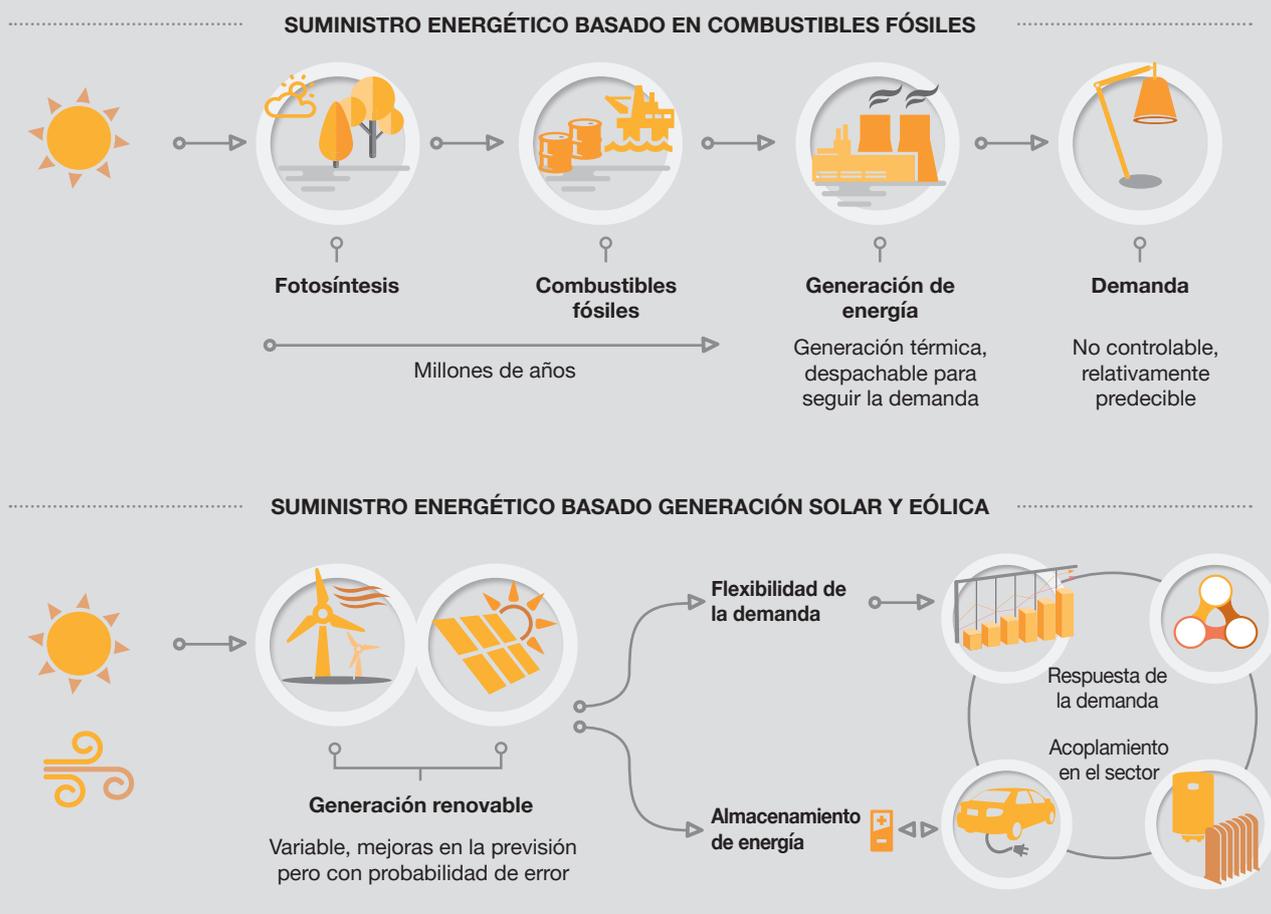


- Finalmente, el aplanamiento de la curva de demanda conlleva directamente a una mayor estabilidad en el sistema eléctrico. Esto implica que en el largo plazo se va a reducir la dependencia que tiene el sistema sobre la disponibilidad de potencia firme, sustituyendo de manera gradual parte de la potencia firme por las nuevas capacidades y recursos con los que cuentan los nuevos consumidores, como por ejemplo con el almacenamiento.

A pesar de esto, lo que hay que tener claro, es que estas consecuencias para el mercado eléctrico no se van a producir de una manera inmediata. Hay que recordar que a 2030 la capacidad instalada de autoconsumo solar va a suponer tan solo el 5,5% del total de la capacidad instalada en el mix de generación. Si se traslada esta potencia instalada a magnitudes de consumo, el total de las instalaciones de autoconsumo van a producir 15.709 GWh, es decir, el 5,6% de la demanda total prevista para dicho año.

### Estructura del sistema energético en el pasado y a día de hoy con el cambio de rol que interpreta la demanda

Fuente: IRENA y análisis de PwC

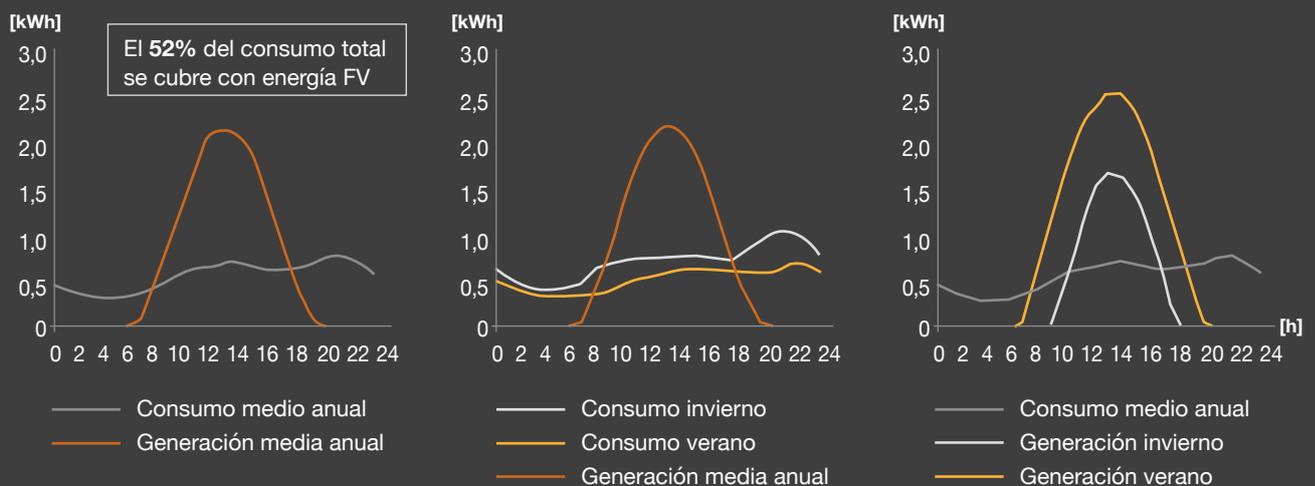


# El impacto del autoconsumo en los hogares

El autoconsumo, como se ha comentado anteriormente, es la capacidad que tiene un consumidor de producir su propia electricidad renovable. En ese sentido, es importante tener en cuenta que tanto el perfil de consumo del consumidor como el perfil de producción de la instalación solar son perfiles volátiles que varían en función de la estacionalidad. Un consumidor doméstico “tipo” va a tener un perfil de consumo más pronunciado en la época invernal en donde se requiere un mayor consumo que en la época estival cuando es muy probable que pase menos horas en su hogar. Del mismo modo, la planta solar fotovoltaica autoproducirá más energía con un perfil más picudo en verano en donde hay un mayor número de horas de sol y con una mayor irradiación solar que en invierno, en donde no solo el pico se reduce, sino que la curva se estrecha al haber menos horas de sol a lo largo del día.

## Análisis de curvas de generación – demanda de un sistema de autoconsumo residencial para diferentes momentos del año

Fuente: REE y análisis de PwC



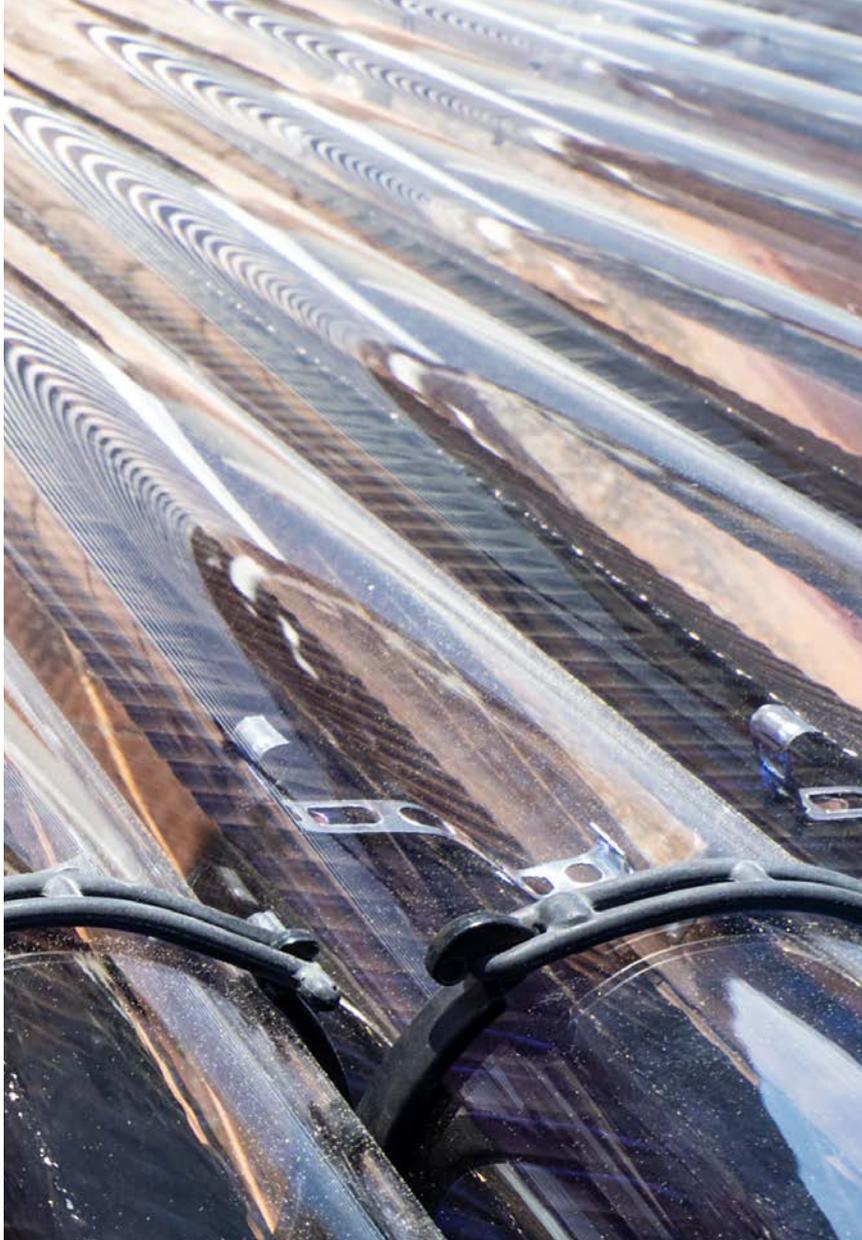
Los perfiles de generación y consumo no son perfectos y difícilmente se pueden acoplar el uno al otro. Es decir, a pesar de las oportunidades que van a brindar a los consumidores, los sistemas de autoconsumo van a continuar produciendo una cantidad importante de vertidos al mismo tiempo que no van a eliminar la dependencia de los hogares de su conexión a la red eléctrica.

En definitiva, en cuanto al impacto de los sistemas de autoconsumo en la flexibilidad y gestión de la demanda, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- El acoplamiento de la curva de producción de la instalación solar con la curva de la demanda del consumidor es poco probable que se realice por lo que el consumidor va a seguir produciendo vertidos a la red además de seguir necesitando estar conectado a la red eléctrica para poder consumir esa energía cuando el sistema de autoconsumo no sea capaz de aportarle la electricidad que necesita.
- Aunque el consumidor optimice al máximo su instalación de autoconsumo, un consumidor medio con una instalación tipo de 4 kW de potencia va a necesitar aproximadamente 9 módulos solares, lo que implica tener disponible y con buen acceso al recurso solar un mínimo de 15 m<sup>2</sup> de superficie disponible bien sea en cubierta o en el suelo para la instalación de autoconsumo.
- Esta instalación va a ser capaz de cubrir, de media, el 52% del consumo. En los casos más extremos de invierno y verano, este porcentaje se traduciría en un 33% y 53%, respectivamente.
- Estas variaciones se deben a la volatilidad que tiene tanto el consumo de electricidad por parte del consumidor como la producción de electricidad renovable por parte de la instalación solar. En este sentido, los sistemas de almacenamiento, cuando alcancen un coste competitivo, serán una buena solución para reducir esta volatilidad.
- La reducción del consumo eléctrico de la red gracias a los sistemas de autoconsumo redundará en un ahorro económico para el consumidor que disponga de la capacidad económica y el espacio adecuado, no solo porque está consumiendo menos energía de la red sino porque se está evitando el pago de los peajes, cargos e impuestos de la electricidad que se autoproduce.
- Sin embargo, este ahorro a nivel individual del consumidor puede suponer a futuro un gran problema para la recuperación de los costes regulados del sistema, ya que se dejará de ingresar un gran volumen económico de cargos e impuestos por toda la energía que se está autoconsumiendo. Por lo tanto, habrá menos consumidores para sufragar los mismos costes regulados del sistema eléctrico por lo que será necesario establecer las alternativas correspondientes para recuperar dichos costes, con el objetivo de no penalizar a aquellos consumidores que sigan conectados a la red.

Del mismo modo, se espera a 2030 un aumento sustancial de la instalación de baterías destinadas al almacenamiento de electricidad, pero estos 2,5 GW de baterías adicionales no serán capaces de soportar las rampas provocadas por la penetración solar y no podrán ser la única tecnología que aporte flexibilidad al sistema, pero sí ayudarán a acomodar la producción solar y mejorar la curva de pato. Así, las baterías de almacenamiento en el corto y medio plazo deberán formar parte de un mix de tecnologías de respaldo que permitan cubrir de forma eficiente todas las necesidades del sistema, ayudando a adecuar la oferta-demanda y colaborando además a aplanar la curva de precios.

Sin embargo, aunque la gestión de la demanda no va a ser la solución en el corto plazo a las cuestiones que se plantean sobre nuestro sistema eléctrico, es evidente que, de manera gradual y controlada, la penetración de estos nuevos modelos de negocio irá ganando relevancia. Para ello habrá que asegurar que se continúe trabajando en el desarrollo de las tecnologías y los aspectos regulatorios necesarios para posicionar al consumidor como un agente habilitador de soluciones para la flexibilización y éxito de la transición energética.



### Principales indicadores del impacto del consumidor en la gestión de la demanda

Fuente: PNIEC 2021-2030 y análisis de PwC

	Autoconsumo	Almacenamiento (baterías)	Almacenamiento (VE)		Gestión de la Demanda
<b>Objetivo Nacional 2030</b>	8,8 GW	2,5 GW	5 millones de VE (3 millones de turistas)	<b>Demanda a cubrir con potencia firme</b>	13 GW - 45 GW*
<b>Energía gestionada</b>	15.709 GWh	6,75 GWh	60 – 120 GWh	<b>Consumo tipo de un hogar</b>	5 kW
<b>Peso sobre la demanda eléctrica 2030 (280,4 TWh)</b>	5,6%	0,0024%	0,01% - 0,02%	<b>Nº hogares para cubrir la potencia firme</b>	2,6 – 9 millones de viviendas

\* Demanda a cubrir en horas de alto consumo. Rango para las horas con generación solar (obtenido como la diferencia entre la demanda eléctrica total y la producción de la capacidad solar instalada) y para las horas sin generación solar.

# Conclusiones

**El consumidor es un importante agente a la hora de impulsar la flexibilidad por el lado de la demanda gracias a su capacidad de facilitar la electrificación de servicios y la integración de las energías renovables en el sistema.**

Tal y como se ha ido mencionando a lo largo del informe, la transición energética para lograr los objetivos nacionales y europeos de descarbonización dependen directamente de la integración de las energías renovables y aumento de la electrificación de aplicaciones finales.

Alcanzar dicha transición a través de estas dos palancas es una tarea compleja que supone todo un reto para las autoridades correspondientes. En el primer caso, la integración de energías renovables como principal fuente energética supone aportar mucha variabilidad e incertidumbre en el lado de la generación al mismo tiempo que fomentando la conocida “curva de pato” donde se representa la demanda eléctrica total y la demanda que quedaría descontando la producción de la capacidad solar instalada.

En el segundo caso, la electrificación de aplicaciones a nivel residencial, industrial y del transporte supone, como es evidente, un significativo aumento del consumo de electricidad donde, según análisis la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), se espera que el *share* de electricidad en el consumo energético final aumente del 21% en 2018 al 30% en 2030 y al 51% en 2050. Además, si esta electrificación no se organiza adecuadamente, puede tener un impacto directo en la adecuación y confiabilidad del sistema eléctrico. Por un lado, puede incrementar de manera desmesurada la demanda energética generando retos a la hora cubrir los picos de demanda y dificultando los requerimientos de rampas en el sistema, es decir, los requerimientos necesarios para controlar las rampas que se producen ante la alta volatilidad de la generación masiva de las fuentes renovables y que suponen una serie de retos para la operación del sistema eléctrico. Por otro lado, podría llegar a remodelar los hábitos de los consumidores

y sus perfiles de demanda creando la necesidad de innovar en las técnicas de previsión y análisis de la misma con el objetivo de alinear la evolución de su perfil frente a una mayor electrificación con un mix de generación cada vez más variable. Cabe recuperar en este punto cómo en Australia están afrontando serios problemas en la red a la hora de estabilizar la producción solar, llegando a limitar su entrada en dicha red de energía ya que, de no ser controlado, puede provocar incidencias como la caída repentina en el suministro o apagones generalizados.

Estos dos retos que asume la transición energética convergen en una misma solución que es la flexibilidad. Este concepto se define según IRENA como “la capacidad de un sistema de energía para hacer frente a la variabilidad y la incertidumbre que introducen la energía solar y eólica en diferentes escalas de tiempo, desde el muy corto hasta el largo plazo, minimizando los vertidos de estas fuentes de energía renovable variable (ERV) y suministrando de manera confiable toda la demanda de energía de los clientes”. Esta definición es una declaración de intenciones para determinar la flexibilidad como la palanca a impulsar para alcanzar la transición energética.

Sin embargo, mientras que hasta el momento la flexibilidad ha estado principalmente asociada al lado de la generación, con la urgencia de aplicar medidas que permitan acelerar la descarbonización, se ha visto necesario poner un foco especial en la flexibilidad desde el lado de la demanda. Ante este propósito, es evidente que el principal impulsor de esta flexibilidad va a ser el consumidor final de la energía y su capacidad de gestionar su propia demanda.

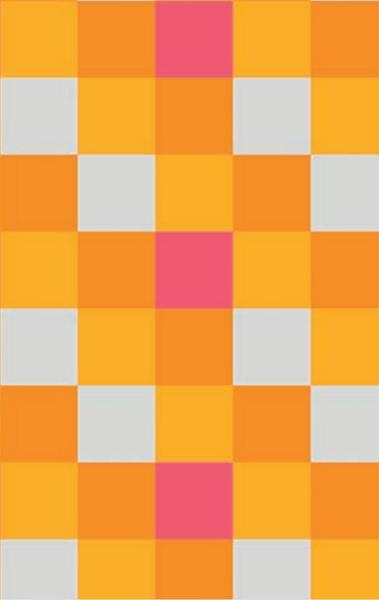
En este sentido, los principales mecanismos con los que cuenta el consumidor para ser un habilitador de esta flexibilidad son los siguientes:

- Autoconsumo: el consumidor tiene la capacidad de generar su propia energía para reducir la demanda dependiente del parque de generación nacional. El autoconsumo no solo implica reducir la demanda de los consumidores sobre el sistema global, sino que permite que el excedente de energía se comparta con otros (a través de comunidades energéticas) o se vierta a la red contribuyendo también en la generación nacional.

- Almacenamiento: estos sistemas van a ser relevantes en el empoderamiento del consumidor y la gestión de su demanda ya que, por un lado, potencian el autoconsumo permitiendo almacenar los excedentes de la energía de origen renovable y, por otro lado, permiten el consumo de los servicios electrificados.
- Gestor o agregador de la demanda: la aparición de estas nuevas figuras reguladas serán decisivas para que el consumidor de un paso adelante a la hora de regular su consumo llevándose algún tipo de beneficio a cambio, desde simplemente conseguir ahorro en su factura eléctrica hasta el límite de participar de manera activa, a través de un tercero, en los mercados eléctricos.

Aunque el papel del consumidor va a ser clave a la hora de aportar flexibilidad a la gestión de la demanda energética y que esta flexibilidad es la principal palanca para garantizar la integración de las energías renovables y de la electrificación del sector como pilares de la transición energética, no se debe olvidar que este papel tiene un recorrido limitado, al menos en el corto plazo. Aunque el consumidor pueda ayudar a estabilizar la curva de la demanda, en el corto plazo, el volumen que va a ser capaz de desplazar o flexibilizar no va a ser suficientemente significativo como para depender únicamente de él a la hora de garantizar la seguridad y disponibilidad del sistema eléctrico.

En definitiva, las ventajas diferenciales que se han mencionado a lo largo del informe gracias a la participación activa del consumidor van a permitir, sin duda, mejorar la estabilidad del sistema eléctrico y por lo tanto reducir la dependencia de los sistemas tradicionales de potencia firme. Sin embargo, en el corto y medio plazo estos van a seguir siendo muy necesarios para poder aportar la parte de la flexibilidad que tradicionalmente ha recaído en el lado de la generación. La potencia firme va a seguir siendo la principal herramienta a la hora de solucionar los desajustes significativos entre la producción y la demanda a corto plazo de forma que se acomode la intermitencia de la producción renovable, especialmente la solar. En paralelo, se deberá ir dando respuesta a las necesidades del consumidor ya que de esta manera será capaz de participar en la flexibilidad y gestión de la demanda y se convertirá en una herramienta más del sistema a la hora de alcanzar los importantes retos de la transición energética que vienen por delante.



# Contactos

## **Óscar Barrero Gil**

Socio. Líder del Sector Energía en el área de Consultoría de PwC  
oscar.barrero.gil@pwc.com  
+34 915 684 993

## **Esther Martínez Arroyo**

Senior Manager. Área de Consultoría Sector Energía de PwC  
esther.martinez.arroyo@pwc.com  
+34 915 685 400

## **Esther Zorzano Walker**

Senior Associate. Área de Consultoría Sector Energía de PwC  
esther.zorzano.walker@pwc.com  
+34 915 684 993



El propósito de PwC es generar confianza en la sociedad y resolver problemas importantes. Somos una red de firmas presente en 156 países con más de 295.000 profesionales comprometidos en ofrecer servicios de calidad en auditoría, asesoramiento fiscal y legal, consultoría y transacciones. Cuéntanos qué te preocupa y descubre cómo podemos ayudarte en [www.pwc.es](http://www.pwc.es)

© 2022 PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L. Todos los derechos reservados. PwC se refiere a la firma miembro española y, en ocasiones, puede referirse a la red de PwC. Cada firma miembro es una entidad legal separada e independiente. Consulta [www.pwc.com/structure](http://www.pwc.com/structure) para obtener más detalles.

El contenido de este documento (o sitio web) es para ofrecer información general, única y exclusivamente, y no debe sustituir a la consulta con asesores profesionales. Informe coeditado por la Fundación Naturgy.